ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 AVRIL 1952.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE CHEVALIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 avril au lieu du lundi 14.

Notice nécrologique sur M. **Bernard Lyot**, *astronome titulaire de l'Observatoire de Paris*. (1897-1952),

par M. **Auguste Chevalier**.

Mes chers Confrères,

La mort fauche dans nos rangs au hasard. L'an dernier, la section de botanique à laquelle j'appartiens, perdait Joseph Magrou, Chef de service à l'Institut Pasteur, encore en pleine activité. Aujourd'hui, c'est un Membre de la section d'Astronomie, l'un de nos plus jeunes confrères, **Bernard Lyot**, que nous pleurons. Ce nouveau deuil est particulièrement tragique car Lyot est mort subitement en mission officielle, loin de ses enfants et de ses amis, près du Caire, en Égypte, en revenant de Khartoum, où il était allé observer une éclipse de soleil.

Bernard Lyot était né à Paris le 27 février 1897 et n'avait que 42 ans quand il fut élu membre de l'Académie des Sciences, en 1939. Fils d'un médecin des Hôpitaux, mort jeune, il devint astronome par vocation. A seize ans, il construit de ses mains un petit observatoire au-dessus de la maison familiale à Paris. Cependant, dirigé par sa famille vers les applications électriques, il entre à l'École supérieure d'Électricité, dont il fut un brillant élève. Au sortir de l'École en 1917, en pleine guerre,

il est attaché au grand Laboratoire qui, sous la haute direction du Général Ferrié, poursuit l'amélioration des engins de guerre. Là, il rencontre M. Pérot, professeur à l'École Polytechnique, qui, frappé de ses grandes qualités, le prend comme préparateur de son cours de physique. Dans cette période, soit seul, soit en collaboration avec Pérot, il réalise plusieurs dispositifs ingénieux qui permettent à un navire et aussi à un avion de suivre une direction la nuit ou par brume épaisse, sans émettre aucun signal que l'ennemi puisse percevoir.

M. Pérot était en même temps attaché à l'Observatoire de Meudon, comme astronome-physicien. Il y amène Lyot en 1920, le présentant comme un expérimentateur très habile, épris d'astronomie, qui de plus a des idées personnelles et une grande curiosité. Les instruments de l'Observatoire sont mis à sa disposition. Dès ce moment, il se consacre à l'Astronomie, non seulement à Meudon, mais aussi dans des stations de montagne. Dans cette nouvelle période, il apporte une contribution importante à toutes les questions qu'il aborde et il fait de grandes découvertes, suivant les dires de l'astronome éminent que fut Henri Deslandres.

« En 1931, écrit ce savant, Lyot annonce son intention d'étudier la polarisation de la lumière des planètes et comme on lui objecte que cette polarisation doit être nulle ou très faible, il ajoute qu'il a réalisé un polarimètre dix fois plus sensible que les polarimètres antérieurs. » Ce polarimètre basé sur un principe nouveau décèle une proportion de lumière polarisée égale à 1/1000e.

En 1811, Arago avait observé la polarisation de la lumière de la Lune sur les parties appelées Mers, polarisation maxima au premier quartier. Plusieurs astronomes français et étrangers ont confirmé ces premiers résultats et ont, en outre, annoncé que la polarisation était insensible sur les planètes et, en particulier, sur Mercure et Vénus. Or, Lyot constata une polarisation nette sur toutes les planètes et il releva avec soin toutes les particularités du phénomène. L'angle sous lequel on voit le soleil de la terre, appelé angle de vision ou de diffusion, varie d'une manière continue; Lyot relève, pour les valeurs successives de cet angle, la proportion de lumière polarisée et aussi son plan de polarisation qui est le plan des trois corps ou un plan perpendiculaire. Pour certains angles de diffusion, la polarisation devient nulle et le plan de polarisation change; s'il était auparavant parallèle, il devient perpendiculaire et inversement. Cet angle spécial de diffusion, appelé angle d'inversion, reconnu pour la première fois, est un caractère important du corps qui diffuse.

En même temps, dans le laboratoire, il étudie de la même manière la lumière diffusée par les différents corps de la croûte terrestre et aussi par les particules en suspension dans les gaz. Il relève la proportion de lumière polarisée et les angles d'inversion, puis il les rapproche des mêmes éléments

observés sur la planète, d'où résultent des indications précieuses au sujet de son sol et de son atmosphère.

Il a pu ainsi établir que la planète Mercure et la Lune ont exactement la même polarisation et le même angle d'inversion de 24°. La planète Mars a montré les mêmes caractères, mais moins accusés. De même, dans le laboratoire, les cendres volcaniques sont les seuls corps qui ont montré une polarisation identique. Ce fait est en accord avec les nombreux caractères volcaniques de la surface lunaire.

La planète Vénus a une polarisation très différente; elle offre quatre angles d'inversion et le plan de polarisation n'est plus, dans la majorité des cas, parallèle au plan des trois corps, mais perpendiculaire. La planète offre parfois des variations fortes de polarisation.

Lyot examine aussi les grosses planètes Jupiter et Saturne, mais à cause de la grande distance, les angles de diffusion restent petits. L'anneau de Saturne a montré un fait curieux. Les deux moitiés de l'anneau séparées par la division de Cassini ont des polarisations très différentes; la matière dont ils sont formés n'est pas la même. Cette belle étude des planètes principales exigea de très nombreuses mesures et huit années d'efforts continus. Elle est complète et définitive, au moins dans ses grandes lignes. Elle forme un chapitre nouveau pour les traités d'Astronomie.

Par la suite, Lyot allait s'attacher à l'étude d'un autre problème : la reconnaissance de la couronne solaire en dehors des éclipses, dont la solution était recherchée depuis 80 ans. Il construisit des appareils ingénieux, des coronographes, et des lentilles aussi pures que possible. Il se rendit à des observatoires de montagne, d'abord au Mont Blanc, puis au Pic du Midi, à la Jungfrau. Le spectroscope révéla, pour la première fois en dehors des éclipses, les raies verte et rouge de la couronne.

Il étudia aussi les protubérances que son coronographe enregistre aisément avec une grande richesse de détails.

Lyot reçut peu après la grande médaille d'or de la *Royal Astronomical Society* de Londres.

En 1947, lui fut attribuée la Médaille d'Or Catherine-Wolf Bruce, conférée par l'*Astronomical Society of the Pacific*, sur la proposition d'un Comité international de six Membres. C'est l'une des distinctions les plus appréciées que puisse recevoir un astronome. Les deux autres titulaires français furent Henri Poincaré et Henri Deslandres.

Notre confrère, M. André Danjon, Directeur de l'Observatoire de Paris, a eu l'amabilité de me communiquer les renseignements qui suivent sur les derniers travaux de Bernard Lyot.

En 1933, celui-ci avait publié le principe d'un filtre monochromatique polarisant très lumineux, composé d'un ensemble de lames cristallines. Des difficultés de réalisation arrêtèrent les expériences pendant quelques

années. En 1938, Lyot put se procurer des feuilles de *polaroïd* suffisamment transparentes, grâce auxquelles il put construire un filtre dont la bande rouge n'avait que 3 angströms de largeur, avec une transmission de 25 %. Cet appareil lui permet, en 1939, de cinématographier la chromosphère au bord du soleil, ainsi que les protubérances, et d'obtenir de bonnes images monochromatiques de la couronne, les premières du genre.

En 1940-1941, les *polaroïd* furent remplacés par des polariseurs en spath, ce qui augmentait la luminosité, ainsi que la sélectivité, en réduisant la lumière diffusée. Le nouveau filtre ainsi réalisé permettait de photographier la chromosphère devant le disque du soleil, ainsi que la couronne solaire, en lumière verte et rouge. Depuis lors, le filtre polarisant n'a cessé d'être perfectionné par son auteur. Le Mémoire qu'il lui a consacré figurera certainement en bonne place parmi les classiques de la physique expérimentale.

Lyot avait fait de nombreux séjours au Pic du Midi pour la mise au point du coronographe. Frappé par la beauté du ciel de cette station, il devait y faire de fréquentes observations des planètes et de leurs satellites. On lui doit une admirable collection de photographies de la planète Mars, en collaboration avec Camichel, ainsi que les premières observations suivies des satellites de Jupiter, et une étude photométrique du bord lunaire montrant avec netteté que notre satellite est dépourvu d'atmosphère, etc.

Les derniers travaux de Lyot témoignent d'une incroyable maîtrise dans l'art d'utiliser les ressources de la physique et de les appliquer à la solution des problèmes les plus ardus. Le coronographe permet d'observer la couronne solaire en dehors des éclipses, mais il ne peut être employé qu'à haute altitude, sous un ciel exceptionnellement pur. Lyot se proposa, il y a quelques années, de s'affranchir de cette dernière servitude et de réaliser un appareil permettant d'observer la raie verte de la couronne sous un ciel aussi voilé que celui de la région parisienne. Renonçant à l'artifice du coronographe, dans lequel un petit écran produit une sorte d'éclipse artificielle, il mit à profit la haute sélectivité du filtre monochromatique et la polarisation de la lumière qu'il transmet. Grâce à un analyseur tournant, il isole soit une étroite bande spectrale renfermant la raie coronale, plus une portion du spectre continu du ciel, ou bien deux bandes contiguës, adjacentes à la première et de même intensité globale. Un photomètre photoélectrique décèle le faible appoint correspondant, dans le premier cas, à la raie verte coronale. Il fallait, pour mener à bien la réalisation de ce dispositif, l'étonnante virtuosité de Lyot, sa foi et son ardeur, ainsi qu'une volonté inébranlable de ne se laisser arrêter par rien. Au cours de ce travail, l'inventeur du coronographe s'est surpassé.

Ce succès retentissant remporté, Lyot s'attaquait à d'autres problèmes plus difficiles encore. J'ai, disait-il, de la besogne pour dix ans. Quels

étaient ses projets ? Nous l'ignorerons sans doute toujours, car il ne livrait guère ses idées à l'état d'ébauches, mais nous tenons pour certain que les travaux de notre confrère, interrompus par sa mort soudaine, auraient étonné le monde, comme l'ont étonné le coronographe, le filtre monochromatique, le photomètre polarisant.

La préparation de l'éclipse du 25 février dernier avait accaparé les derniers mois qu'il devait passer à Meudon. Son but était de photographier les raies coronales avec un spectrographe à fente circulaire, pour déterminer la répartition de leurs intensités autour du disque solaire. L'observation fut réussie au delà de ses espoirs et il étudiait ses clichés, au Caire même, lorsque la mort l'a surpris. Fatigué par une campagne accomplie dans les conditions les plus pénibles, il n'aura pas pris un repos cependant bien nécessaire.

L'astronomie fait une perte irréparable. Ce n'est pas seulement un savant qui disparaît, c'est aussi un artiste, un virtuose de la physique expérimentale. Lyot, avec sa simplicité charmante, était l'un des plus grands astronomes de notre époque.

Que sa famille, que les siens, veuillent bien agréer l'hommage et les regrets que tous les Membres de l'Académie des Sciences expriment au grand disparu dont le nom sera conservé toujours dans les annales de la Science.

La séance est levée en signe de deuil, mais auparavant, M. le **Président** signale que l'arrivée du corps par avion est prévue, à l'aérodrome d'Orly, demain mardi, vers 19 h 45 m.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les relations entre les coefficients de charge et de masse dans la théorie du champ soustractif.* Note de M. **Louis de Broglie**.

L'auteur montre qu'en dehors de la relation $\sum_i \varepsilon_i = 0$, la théorie du champ soustractif conduit à prévoir l'existence entre les coefficients de charge et de masse ε_i et μ_i d'une série de relation de la forme $\sum_1^n \varepsilon_i \mu_i^{2(p-1)}$ avec $2 \leq p \leq n$, n étant le nombre des champs qui interagissent avec l'électron.

Dans des travaux antérieurs ([1]), nous avons présenté la théorie du champ soustractif sous deux formes différentes.

Une première méthode consiste à supposer qu'un électron ponctuel étant en interaction avec n champs de particules de spin 1 (champs mésoniques

---

([1]) *J. Phys.*, **11**, 1950, p. 481; *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1269.

pouvant comprendre un champ de photons), le potentiel $A^{(i)}$ du $i^{\text{ième}}$ champ obéit à la relation

$$\square A_\alpha^{(i)} + k_i A_\alpha^{(i)} = j_\alpha^{(i)}, \qquad (1)$$

où la constante de masse k_i est reliée à la masse propre μ_i des particules du $i^{\text{ième}}$ champ mésonique par la relation $k_i = (2\pi/h)\mu_i c$. On a $j_\alpha^{(i)} = \varepsilon_i \delta(\vec{r}_0) u_\alpha$, où ε_i est la « charge » par rapport au $i^{\text{ième}}$ champ mésonique de l'électron supposé placé à l'origine des coordonnées. Définissant le champ total par

$$A_\alpha = \sum_{i=1}^{n} A_\alpha^{(i)}, \qquad (2)$$

nous avons montré que, pour éliminer les divergences, il faut assujettir les ε_i à la condition

$$\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i = 0. \qquad (I)$$

Une deuxième méthode part d'un schéma lagrangien envisagé notamment par Podolsky et assujettit le potentiel (2) du champ total à l'équation

$$\prod_{i=1}^{n} [\square + k_i^2] A_\alpha = K J_\alpha, \qquad (3)$$

où J_α est le « courant total », somme *pondérée* des j_α.

Nous voulons montrer que, si l'on veut pouvoir dériver l'équation (3) de l'équation (1) sans faire apparaître de divergences, il faut imposer pour $n > 2$ aux ε_i et aux μ_i des relations autres que la relation (I). En effet, pour éviter les divergences, il faut qu'en substituant (1) dans (3) à l'aide de (2), on pose égaux à zéro les coefficients des termes qui contiennent les dérivées de la fonction δ.

Dans le cas $n = 2$, la substitution de (1) dans (3) donne

$$(\square + k_1^2)(\square + k_2^2)(A_\alpha^{(1)} + A_\alpha^{(2)}) = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\square\delta + (\varepsilon_1 k_1^2 + \varepsilon_2 k_2^2)\delta. \qquad (4)$$

Pour éviter la divergence, il faut imposer aux ε_i la condition (I). On trouve alors $K = k_1^2 + k_2^2$ et le courant pondéré est donné par la formule

$$J_\alpha = \frac{\sum_i \frac{\varepsilon_i}{k_i^2}}{\sum_i \frac{1}{k_i^2}} \delta(\vec{r}_0) u_\alpha, \qquad (5)$$

ce qui est bien en accord avec nos résultats antérieurs.

Pour $n = 3$, on trouve de même

$$\begin{aligned} &(\square + k_1^2)(\square + k_2^2)(\square + k_3^2)(A_\alpha^{(1)} + A_\alpha^{(2)} + A_\alpha^{(3)}) \\ &= (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)\square\square\delta + [\varepsilon_1(k_2^2 + k_3^2) + \varepsilon_2(k_1^2 + k_3^2) + \varepsilon_3(k_1^2 + k_2^2)]\square\delta \\ &\quad + (\varepsilon_1 k_2^2 k_3^2 + \varepsilon_2 k_1^2 k_3^2 + \varepsilon_3 k_1^2 k_2^2)\delta, \end{aligned} \qquad (6)$$

et, pour éviter les divergences, il faut ajouter à la condition (1) la condition obtenue en annulant le crochet du second membre, ce qui donne en tenant compte de (I)

(II) $$\sum_i \varepsilon_i k_i^2 = 0$$

On a alors $K = k_1^2 k_2^2 + k_2^2 k_3^2 + k_1^2 k_3^2$ et l'on retrouve pour la définition du courant pondéré la formule (5).

Pour $n = 4$, on obtient de la même manière, en plus des conditions (I) et (II), la condition

$$\varepsilon_1 (k_2^2 k_3^2 + k_3^2 k_4^2 + k_2^2 k_4^2) + \ldots = 0,$$

qui, compte tenu de (I) et de (II), s'écrit

(III) $$\sum_i \varepsilon_i k_i^4 = 0$$

On trouve $K = k_1^2 k_2^2 k_3^2 + \ldots$ avec toujours la définition (5) du courant pondéré.

D'une façon générale, quand on passe du cas de $n - 1$ champs au cas de n champs, la condition $\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i k_i^{2(n-1)} = 0$ vient s'ajouter aux précédentes de sorte que, pour n champs, on doit s'imposer l'ensemble des $n - 1$ conditions

(7) $$\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i \mu_i^{2(p-2)} = 0 \qquad (2 \leq p \leq n).$$

Comme chaque champ mésique introduit deux constantes ε_i et μ_i, on a finalement $n - 1$ conditions entre $2n$ constantes. Il y a donc seulement $n + 1$ constantes indépendantes, les autres se déduisant de celles-ci à l'aide des équations (7). Si l'un des champs est le champ électromagnétique pour lequel on peut poser $\mu_1 = 0$ et supposer connue la charge ε_1 (qui est alors la charge électrique au sens ordinaire du mot), on a $2(n - 1)$ constantes liées par $n - 1$ conditions, soit $n - 1$ constantes indépendantes. Les relations (7) devraient pouvoir être utilisées quand on connaîtra la liste des mésons (neutres) de spin 1.

La théorie précédente a certainement des rapports étroits avec la théorie de la régularisation de M. Pauli où les relations (I) et (II) sont bien connues.

Les résultats de la présente Note ont été obtenus après de fructueux échanges de vues avec M. Antoine Visconti.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les causes de la précocité des floraisons automno-hivernales au Maroc, la hâtivité de diverses cultures maraîchères et fruitières et l'apparition de quelques champignons en plein hiver marocain.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Dans une Note précédente (1), nous avons attiré l'attention sur le grand nombre de floraisons de plantes phanérogames qui apparaissent en plein hiver au Maroc, spécialement le long du littoral atlantique depuis Rabat, le Rharb, Casablanca et Agadir jusqu'au Drâa, puis dans l'intérieur à Marrakech, au Tafilalet et même en plein Atlas, de 800 à 2 000 m d'altitude. Ce n'est pas seulement à la douceur du climat et à la fréquence des journées lumineuses et ensoleillées qu'il faut attribuer ces floraisons. La venue de pluies précoces certaines années (à partir parfois du début d'octobre, comme en 1951) joue aussi un rôle capital.

Comme l'ont écrit il y a longtemps J. A. Battandier et L. Trabut, à propos de l'Afrique du Nord occidentale : toute la climatologie de ce pays (Maroc et Algérie) peut se résumer dans ces deux influences : vents du Nord-Ouest et même parfois du Sud-Ouest au Maroc, chargés d'humidité, apportant la pluie et la fertilité; vents du Sud et du Sud-Est, secs et torrides (sauf sur le littoral marocain), venant de la région désertique et amenant avec eux la sécheresse et la stérilité. Ce tableau s'applique surtout à l'Algérie (2). Le Maroc est beaucoup plus favorisé surtout sur le littoral et jusqu'à 100 km dans l'intérieur; il l'est aussi sur le versant Sud de l'Atlas. Près du littoral, il y a souvent, même en été, de la rosée et une hygrométrie de l'air élevée; puis les premières pluies sont plus précoces certaines années et amènent un réveil hâtif de la végétation. Enfin, dans la flore spontanée, il existe de nombreux géophytes qui accumulent de l'eau dans leurs bulbes, tubercules et rhizomes pendant la saison des pluies ce qui leur permet de développer des jeunes pousses et parfois des fleurs en plein hiver. Quant aux arbres et arbustes, ils ont des racines qui s'enfoncent profondément dans la terre, ce qui leur permet d'aller chercher de l'eau dans la couche où le sol est resté humide. Cela permet d'expliquer, comme nous l'avons indiqué précédemment, que presque tous les végétaux ligneux sont en pleine végétation en hiver et fleurissent dès décembre ou janvier. Ce sont donc les premières pluies plutôt que la température qui amènent l'entrée en végétation de très bonne heure de beaucoup de plantes spontanées ou cultivées. Cela est si vrai que nous avons récolté, dès le début de novembre 1951 dans le Gharb et au Tadla, un grand nombre

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1418.

(2) *L'Algérie*, Paris, Baillière, 1898, p. 1.

de plantes annuelles entièrement desséchées ou presque, pendant l'été, mais qui, par suite des pluies précoces en octobre, avaient émis des pousses nouvelles fleurissant quelques semaines plus tard. Dès novembre, une foule de plantes annuelles, surtout des rudérales, dont les graines avaient germé peu auparavant, entraient déjà en pleine végétation. Les troupeaux trouvaient déjà leur pitance même dans les lieux non irrigués. Il n'en est pas ainsi tous les ans et l'année dernière fut exceptionnelle.

Dans les terrains irrigués qui ont pris depuis quelques années une extension considérable au Maroc, il n'y a plus de repos hivernal dans les jardins maraîchers qui s'étendent le long de l'océan, depuis Casablanca jusqu'à Mogador; on peut faire les semis de plantes potagères très hâtives. C'est ce qui a fait dire que le Maroc peut fournir des primeurs et certains fruits de très bonne heure, un mois avant l'Algérie. Nous avons constaté que, dans les jardins, on produit des pommes de terre nouvelles toute l'année; dès janvier, dans les endroits bien abrités, des tomates commencent à rougir. On voit des fèves et des pois en fleurs dès novembre, les premiers haricots nouveaux apparaissent dès le début de mars. Les mauvaises herbes croissent aussi et fleurissent très rapidement, aussi faut-il faire des sarclages fréquents; presque toutes les herbes rudérales de France apportées mélangées aux graines de légumes sont apparues presque partout, même dans l'Atlas où il existe de loin en loin de petits jardins.

L'Asperge de France est peu cultivée et l'on n'en produit pas comme primeur, mais on trouve en abondance dans le bled en plein hiver, les longues pousses vertes de plusieurs espèces sauvages très comestibles : *Asparagus albus*, *A. acutifolius*, *A. stipularis*, *A. pastorianus*. Les enfants les recueillent et les vendent à bas prix au bord des routes.

Le Cotonnier dont la culture semble avoir un réel avenir au Maroc, devrait être une variété longue soie, très précoce, qui reste à introduire ou à créer sur place. Il est nécessaire, en effet, que les capsules puissent mûrir avant les premières pluies automnales.

Une autre constatation que nous avons pu faire a été de voir, dans la région de Rabat, dans le Gharb et aux environs d'Agadir et de Taroudant, la facilité avec laquelle on peut cultiver la plupart des arbres fruitiers tropicaux. Nous avons vu non seulement les bananiers en production, mais aussi des avocatiers, des chérimoliers, des goyaviers, des kakis, des feijoas, des cactées donnant de bons fruits. On pourrait certainement y cultiver des manguiers et sans doute le litchi.

Tous les *Citrus* donnant les fruits d'agrumes entrent en fructification de bonne heure. Le plus précoce est un hybride d'oranger et de mandarinier la clémentine, qui produit des fruits exportés dès octobre; fin février, tous les fruits de clémentine sont déjà récoltés, mais la maturation des orangers et des pomelos se poursuit pendant plusieurs mois; les citronniers

donnent des fruits au Maroc presque toute l'année. L'amandier commence à fleurir sur le littoral du Maroc dès décembre. Quant à l'olivier, sa floraison est plus tardive, mais les olives arrivent à maturité dès novembre et décembre et elle se poursuit suivant les variétés jusqu'en mars. Cette année, la production d'olives (il existe actuellement plus de 9 millions d'oliviers en rapport au Maroc) fut si abondante que tous les fruits ne purent être recueillis partout. On attribue cette production exceptionnelle au fait qu'il n'y avait pas eu de pluies au moment de la floraison et que des pluies survinrent un peu avant la maturité des olives, ce qui empêcha leur chute précoce. Comme on le voit, la répartition des pluies joue un rôle considérable dans la production végétale et celle-ci peut varier du simple au triple d'une année à l'autre, ce qui justifie l'expression que le Maroc est un pays de contrastes, par suite de l'irrégularité du climat qui varie d'une région à l'autre et est toujours instable. Les insectes ne suivent pas toujours les fluctuations climatiques. C'est ainsi que les abeilles ne quittent pas leurs ruches en novembre-décembre, mais vers la mi-février et par temps ensoleillé et encore à cette époque elles visitent très peu les fleurs.

Champignons. — Ces cryptogames, dont la plupart apparaissent en France à la fin de l'été et jusqu'en octobre pour disparaître en novembre, se montrent au Maroc parfois en hiver.

Nous avons rencontré, dans le Moyen Atlas à Azrou, le 8 novembre, M. Malençon qui venait encore de faire de remarquables récoltes de gros Champignons. Nous lui devons la détermination d'un *Volvaria glaucophylla* que nous avons recueilli dans la forêt artificielle d'*Eucalyptus* du Gharb en janvier. C'est à M. Malençon également que nous devons la détermination d'un Terfaz blanc du Tafilalet qui apparut en abondance et que l'on nous servit comme aliment à Erfoud et, plus tard, à Resourer, dans la Moulouya. Par suite des pluies survenues en octobre et novembre, il y eût dès janvier une poussée abondante de ce Terfaz sur les confins du désert. On les trouve à 10 ou 15 cm dans le sol. L'espèce dont on nous alimenta est probablement *Terfezia Pinoyi* Maire, à chair blanche un peu fade; certains exemplaires ont la grosseur d'une tête d'enfant. On en fait des mets qui sont délicats.

Grâce à M. Malençon, nous avons pu aussi identifier une Urédinée recueillie en pleine végétation en décembre à Mazagan sur *Clematis cirrhosa* qui fleurit en décembre. Cette Urédinée forme des pustules roses en hiver sur le *Clematis* et vit en été à son premier stade sur *Bromus madritensis*, d'où son nom de *Puccinia madritensis* Maire.

On voit, par ces exemples, que la végétation hivernale du Maroc, du moins en 1951-1952, est très différente de ce qu'elle est en France, même dans le Midi, à la même époque.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Sur la conscience psychologique considérée comme intégrale d'éléments cellulaires de conscience.* Note de M. **Louis Lapicque.**

La cellule, quand on en passe en revue les traits essentiels, apparaît comme *un individu*, bien délimité matériellement, pourvu d'un centre qui lui est propre, ayant une vie distincte de celle des cellules voisines, et réagissant d'une façon systématique aux actions de l'ambiance. J'en ai conclu (¹) qu'il n'est pas déraisonnable de lui attribuer une conscience rudimentaire, impossible, bien entendu, à déceler directement, mais capable de devenir notre propre conscience, en s'intégrant convenablement avec ses semblables.

Il nous faut maintenant examiner le problème de cette intégration. Sherrington a insisté avec un très grand succès sur l'action intégrative du système nerveux. Mais le phénomène auquel il se réfère est, non l'addition de parties élémentaires, mais la coordination sélective entre influx discordants par élimination de certains d'entre eux; il ne fournit d'ailleurs aucune théorie de ce phénomène; nous ne trouvons donc là aucune lumière applicable à notre problème.

Celui-ci est difficile; comment peuvent s'additionner et s'organiser les phénomènes psychiques élémentaires que nous avons admis dans chaque cellule active? Pas plus que la conscience n'est directement communicable d'homme à homme, ces atomes de conscience ne paraissent capables d'agir sur les cellules voisines. Néanmoins, il serait exagéré de transposer à un tissu physiologique, à une population de cellules, toutes les conditions d'une population humaine; il y a entre cellules des contacts d'une autre intimité qu'entre hommes d'une nation ou même d'une famille, notamment des contacts *synaptiques* qui sont faits pour transmettre d'une cellule à une autre une activité, sans doute physiologique et non psychologique; mais de telles interactions doivent comporter des retentissements psychologiques. En fait, la physiologie expérimentale a mis en lumière, voici un quart de siècle ou un peu plus, un cas de ce genre qui est fondamental.

L'étude anatomo-clinique de la maladie du sommeil européenne, l'encéphalite léthargique, avait révélé régulièrement des lésions à la base de l'encéphale, au-dessous du cerveau proprement dit, dans la portion du tronc nerveux qui continue la moelle épinière, entre thalamus et cervelet (*mesencéphale*). Quelques auteurs avaient suggéré en cette région un centre du sommeil; le neurologiste viennois von Economo (²) reprit cette thèse

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1109.

(²) *Wien medi. Woch.*, 1925; *Rev. Neurol.*, 1927, p. 752-887.

en 1917-1918, puis en 1925 et 1927 avec plus de force; après une large discussion en Congrès ([3]), des expériences sur l'animal par injection de calcium ([4]), puis par le courant électrique ([5]), ont établi l'existence d'un centre commandant, d'une part, la veille, d'autre part, le sommeil.

Qui dit veille dit conscience, et le sommeil est la suspension totale, ou au moins l'obnubilation de la conscience; ainsi a-t-on pu parler de ce centre mésencéphalique comme d'un centre de la conscience; expression ambiguë, sinon vicieuse, car la conscience, telle qu'elle nous est donnée par l'introspection, implique évidemment une ample intervention de l'écorce cérébrale, mais elle est réglée quant à son activité par le centre mésencéphalique. Celui-ci est-il pour sa part siège de phénomènes de conscience ? Il est difficile de le dire, mais ce point de vue est secondaire Ce qui importe, c'est que la combinaison de ce centre avec le cerveau constitue une structure matérielle, un groupement des cellules, dont le fonctionnement réalise l'unité mentale d'un individu, sa personnalité vue du côté interne; les anglais diraient *Mind* ou *Spirit*, que nous pouvons ici traduire par *âme*, à condition d'écarter explicitement la possible signification métaphysique du terme.

La structure en question ne comprend qu'une fraction des cellules du corps; ce sont, il est vrai des cellules nerveuses encéphaliques, unies à l'ensemble des autres par des communications fonctionnelles. L'intégration est ainsi réalisée en plusieurs étages; les étages inférieurs étant purement physiologiques, le problème de l'intégration des éléments de conscience ne se pose que pour les étages supérieurs et pour le mode d'action du centre régulateur; de ce dernier point de vue, nous avons une donnée de physiologie expérimentale à utiliser.

Dans la même région que ce centre, Mme Lapicque avait découvert, en 1923, un centre fonctionnel, que nous avons étudié en suite et qui a donné lieu à de nombreux travaux ([6]) sous le nom de centre de subordination. La subordination est un contrôle de l'excitabilité nerveuse capable de différencier deux neurones moteurs antagonistes, généralement en diminuant la chronaxie de l'un des deux. Le processus conducteur de la subordination consiste, non pas comme un ordre direct de mouvement, en un train d'influx, c'est-à-dire une série rapide de variations électriques, mais en un accroissement relativement stable de potentiel électrique ([7]).

([3]) *Réunion neurol. internat. in Rev. Neurol.*, 1927, p. 752-887.

([4]) Demole, *Arch. exp. Path. u. Pharm.*, **120**, 1927.

([5]) Hess, *Arch. f. Psychiatrie*, **86**, 1928, p. 297 et **88**, p. 813.

([6]) P. Mollaret. *Interprétation du fonctionnement nerveux par la notion de subordination*, Paris, Masson, 1936.

([7]) Monnier et Jasper, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2240; *Cf.* L. Lapicque, *La machine nerveuse*, Flammarion, 1943, p. 238-243.

Je tiens à dire que je ne vois pas là un mode de liaison spécial aux fonctions nerveuses desservant la conscience, mais, plus modestement un procédé pour maintenir un certain degré d'anélectrotonus de Pflüger, qui se manifeste entre autres par une diminution de chronaxie.

La parenté fonctionnelle du centre de subordination avec les autres parties du centre mésencéphalique, en sus de ses relations de voisinage (peut-être mieux d'intermixion avec eux), indiquée en 1941 par P. et J. Chauchard ([8]) est démontrée par le fait suivant : les activités de l'un et des autres sont solidaires; quand on s'endort (sommeil naturel, spontané), la différence de chronaxie entre nerfs antagonistes caractéristique de la subordination disparaît pour reparaître plus ou moins brusquement au réveil ([9]). On a d'ailleurs une manifestation banale et quotidienne de cette solidarité dans la résolution musculaire qui accompagne le sommeil.

Je voudrais maintenant examiner une question plus générale, qui tient une place importante dans les exposés classiques de psychologie et que j'ai, autant que possible, évité jusqu'ici d'aborder explicitement. Quelle pourrait être, en la ramenant à mon terrain de la conscience cellulaire, la règle des relations entre le fait physiologique et le fait psychologique ? Un traité de Philosophie récent ([10]), après avoir éliminé les positions métaphysiques, matérialisme et spiritualisme, énumère encore cinq théories qui ont leurs partisans; il fait des réserves sur chacune, et, en effet, aucune ne me paraît entièrement satisfaisante. Je ne me sens pas capable de les discuter, mais les faits que j'étudiais m'ayant forcé à prendre parti *in petto*, mon exposé laisse transparaître, me semble-t-il, que j'étais arrivé à la position suivante. Au moment de conclure, je la confirme délibérément. Je crois que le fait psychologique cellulaire est entièrement conditionné par l'état ou l'activité de la cellule ([11]). Cette loi est nécessaire pour que le centre mésencéphalique puisse influencer les neurones cérébraux de façon à les intégrer dans le mécanisme de la conscience; or cette influence est un fait bien établi, comme nous l'avons vu, par la psychophysiologie et la clinique. Elle s'accorde d'ailleurs avec toute une série de faits vulgaires qui ne paraissent pas intéresser beaucoup les philosophes, mais qui, pour des naturalistes ou des physiologistes, sont ceux qui réclament le plus impérieusement leur explication. Par exemple, un choc sur la tête qui supprime net la conscience, l'action des poisons neurotropes introduits dans le sang, à commencer, hélas, par l'alcool.

La mort aussi paralyse l'encéphale et supprime la conscience. Elle arrête

---

([8]) *C. R. Soc. Biol.*, 125, 1941, p. 527.

([9]) Bourguignon et Haldane, *C. R. Soc. Biol.*, 107, 1931, p. 1365.

([10]) Cuvillier, *Manuel de philosophie*, Armand Colin, 1, 1948, p, 237-243.

([11]) Rien n'oblige à admettre la proposition réciproque.

toute activité des cellules en général, y compris, d'après ce que nous avons dit, leur psychisme élémentaire. Celui-ci ne peut reparaître, encore moins ne réapparaîtra le fonctionnement intégré de groupes de ces psychismes constituant la conscience qui, ici se confond avec l'âme. Ainsi, l'âme nous apparaît comme immatérielle, mais non pas immortelle.

DÉSIGNATIONS.

Sont désignés pour représenter l'Académie :

MM. **Auguste Chevalier**, **Georges Poivilliers** et **Charles Dufraisse** à la commémoration du 250ᵉ anniversaire de la naissance de **Charles-Marie de la Condamine**, qui aura lieu dans le courant de l'année 1952, en l'église Saint-Roch, par l'apposition d'une plaque;

M. **Georges Guillain** aux cérémonies qui auront lieu à Paris, les 25 et 26 mai, à l'occasion du 100ᵉ anniversaire de l'institution de la **Société Médico-Psychologique**, dont **François Lallemand**, membre de l'Académie, fut l'un des fondateurs;

M. **Pierre Teilhard de Chardin** au **IVᵉ Congrès international des Sciences anthropologiques et ethnologiques**, qui se tiendra à Vienne, Autriche, du 1ᵉʳ au 8 septembre 1952.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée du **Iᵉʳ Congrès international de l'Audiotechnique**, qui se tiendra à San Remo, Italie, du 8 au 14 septembre 1952.

M. **François de Gaudart d'Allaines** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de médecine et chirurgie, par la mort de M. *Henri Hartmann*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° René Simon. *Hérédité. Variation.*

2° Collection de travaux de l'Académie internationale d'Histoire des sciences. 5. *Traité Akkadien de diagnostics et pronostics médicaux*, par René Labat. I. *Transcription et traduction*. II. *Planches*.

3° Facultad de ciencias matematicas y naturales. Seccion de biologia. *Acta biologica venezuelica* (Caracas), vol. I, art. 1 et 2.

ALGÈBRE. — *Sur les idéaux semi-premiers ou parfaits. Étude des propriétés latticielles des idéaux semi-premiers.* Note de M. **Jean-Claude Herz**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. *Définition et caractérisations.* — Un idéal $\mathfrak{J}$ d'un anneau commutatif $\mathfrak{A}$ est dit *semi-premier* ([1]) s'il coïncide avec son radical, c'est-à-dire si $a^p \in \mathfrak{J}$ entraîne $a \in \mathfrak{J}$, a étant un élément de $\mathfrak{A}$, p un entier positif.

Donnons une caractérisation des idéaux semi-premiers :

Théorème 1. — *L'idéal $\mathfrak{J}$ est semi-premier si et seulement si $a^2 \in \mathfrak{J}$ entraîne $a \in \mathfrak{J}$.*

La condition est évidemment nécessaire. Réciproquement, supposons que $a^p \in \mathfrak{J} (p > 1)$. On a alors, puisque $\mathfrak{J}$ est un idéal, $a^{2p-2} \in \mathfrak{J}$, d'où, par hypothèse, $a^{p-1} \in \mathfrak{J}$, et, par récurrence, $a \in \mathfrak{J}$.

On sait que tout idéal intersection d'idéaux semi-premiers est semi-premier. En particulier tout idéal intersection d'idéaux premiers est semi-premier. Réciproquement, Krull a montré ([1]), au moyen de l'axiome du choix, que tout idéal semi-premier est l'intersection de ses diviseurs premiers. Fuchs en a déduit le résultat suivant ([2]) :

Théorème 2. — *Pour que l'idéal $\mathfrak{J}$ soit semi-premier, il faut et il suffit qu'il contienne, en même temps que le produit de deux idéaux $\mathfrak{J}_1$ et $\mathfrak{J}_2$, leur intersection.*

Nous donnerons du théorème 2 une démonstration directe, indépendante de l'axiome du choix.

La condition est nécessaire : si $\mathfrak{J}$ est semi-premier et contient le produit $\mathfrak{J}_1 \mathfrak{J}_2$, et si $a \in \mathfrak{J}_1 \cap \mathfrak{J}_2$, on en déduit

$$a^2 \in \mathfrak{J}_1 \mathfrak{J}_2 \subseteq \mathfrak{J}, \quad \text{d'où} \quad a \in \mathfrak{J}.$$

Elle est suffisante : supposons-la remplie, et $a^2 \in \mathfrak{J}$. $\mathfrak{J}$ contient l'idéal principal $(a^2) = (a).(a)$, donc $(a) \cap (a) = (a)$, donc a. $\mathfrak{J}$ est donc semi-premier d'après le théorème 1.

Remarque. — On peut donner une condition nécessaire et suffisante d'aspect plus général : *Pour que l'idéal $\mathfrak{J}$ soit semi-premier, il faut et il suffit qu'il contienne, en même temps que le produit $\mathfrak{B}\mathfrak{C}$ de deux parties $\mathfrak{B}$ et $\mathfrak{C}$ de l'anneau $\mathfrak{A}$* (envisagées comme complexes multiplicatifs), *leur intersection* $\mathfrak{B} \cap \mathfrak{C}$. La démonstration en est exactement analogue.

2. *Propriétés de calcul.* — L'intersection de tous les idéaux semi-premiers contenant une partie $\mathfrak{B}$ de l'anneau $\mathfrak{A}$ est un idéal semi-premier noté $\{\mathfrak{B}\}$ ([3]).

([1]) *Math. Ann.*, **101**, 1929, p. 735.

([2]) *Kong. Norske Vid. Selsk. Forh.* (*Trondhjem*), **20**, 1947, p. 113.

([3]) Notation introduite dans sa théorie des idéaux différentiels par Raudenbush. *Trans. Amer. Math. Soc.*, **36**, 1934, p. 361-368, qui emploie le terme d'idéal *parfait* au lieu de celui de semi-premier.

Le théorème 2 a pour conséquence immédiate le

Corollaire 1. — *Si $\mathcal{I}$ et $\mathcal{J}$ sont deux idéaux semi-premiers, on a*

$$(1)\qquad \{\mathcal{I}\mathcal{J}\} = \mathcal{I}\cap\mathcal{J}.$$

En effet, $\mathcal{I}$ étant un idéal, $\mathcal{I}\mathcal{J}\subseteq\mathcal{I}$. De même $\mathcal{I}\mathcal{J}\subseteq\mathcal{J}$, d'où $\mathcal{I}\mathcal{J}\subseteq\mathcal{I}\cap\mathcal{J}$, et comme $\mathcal{I}\cap\mathcal{J}$ est semi-premier, $\{\mathcal{I}\mathcal{J}\}\subseteq\mathcal{I}\cap\mathcal{J}$. Inversement, l'idéal semi-premier $\{\mathcal{I}\mathcal{J}\}$ contient $\mathcal{I}\mathcal{J}$, donc, d'après le théorème 2, $\mathcal{I}\cap\mathcal{J}$.

Nous allons généraliser cette relation en nous servant du lemme suivant :

Lemme. — *$\mathcal{B}$ et $\mathcal{C}$ étant deux parties de $\mathcal{A}$, on a*

$$(2)\qquad \{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}\subseteq\{\mathcal{B}\mathcal{C}\}.$$

Supposons en effet $a\in\{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}$. On a $a=bc$ avec $b\in\{\mathcal{B}\}$ et $c\in\{\mathcal{C}\}$. On sait que $\{\mathcal{B}\}$ est le radical de l'idéal $(\mathcal{B})$ engendré par $\mathcal{B}$. Il existe donc un entier p tel que $b^p\in(\mathcal{B})$ et $c^p\in(\mathcal{C})$. D'après la relation classique $(\mathcal{B})(\mathcal{C})\subseteq(\mathcal{B}\mathcal{C})$, on en déduit $a^p\in(\mathcal{B}\mathcal{C})\subseteq\{\mathcal{B}\mathcal{C}\}$, d'où $a\in\{\mathcal{B}\mathcal{C}\}$.

Théorème 3 :

$$(3)\qquad \{\mathcal{B}\mathcal{C}\} = \{\mathcal{B}\}\cap\{\mathcal{C}\}.$$

En effet, d'après (1), $\{\mathcal{B}\}\cap\{\mathcal{C}\}=\{\{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}\}$. Montrons que $\{\{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}\}=\{\mathcal{B}\mathcal{C}\}$. On a d'une part $\mathcal{B}\mathcal{C}\subseteq\{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}$, d'où $\{\mathcal{B}\mathcal{C}\}\subseteq\{\{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}\}$. D'autre part, d'après (2), $\{\{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}\}\subseteq\{\mathcal{B}\mathcal{C}\}$.

Corollaire 2 :

$$(4)\qquad \{\mathcal{B}\mathcal{C}\cup\mathcal{B}\mathcal{D}\} = \{\mathcal{B}\}\cap\{\mathcal{C}\cup\mathcal{D}\}$$

Théorème 4. — *Si $\mathcal{I}$, $\mathcal{J}$ et $\mathcal{K}$ sont trois idéaux semi-premiers, on a*

$$(5)\qquad \{(\mathcal{I}\cap\mathcal{J})\cup(\mathcal{I}\cap\mathcal{K})\} = \mathcal{I}\cap\{\mathcal{J}\cup\mathcal{K}\}.$$

En effet, d'après (1), $\{(\mathcal{I}\cap\mathcal{J})\cup(\mathcal{I}\cap\mathcal{K})\}=\{\{\mathcal{I}\mathcal{J}\}\cup\{\mathcal{I}\mathcal{K}\}\}$, qui est visiblement égal à $\{\mathcal{I}\mathcal{J}\cup\mathcal{I}\mathcal{K}\}$, donc, d'après (4), à $\mathcal{I}\cap\{\mathcal{J}\cup\mathcal{K}\}$.

Corollaire 3. — *Les idéaux semi-premiers d'un anneau forment un treillis distributif relativement à l'inclusion.*

En effet, $\mathcal{I}\cap\mathcal{J}$ et $\{\mathcal{I}\cup\mathcal{J}\}$ sont respectivement le plus petit multiple et le plus grand diviseur semi-premiers communs aux idéaux semi-premiers $\mathcal{I}$ et $\mathcal{J}$. La distributivité s'exprime précisément par la relation (5).

Théorème 5. — *$\mathcal{I}$, $\mathcal{J}$, $\mathcal{K}$ étant trois idéaux semi-premiers, on a*

$$(6)\qquad \{\mathcal{I}\cup\mathcal{J}\}\cap\{\mathcal{I}\cap\mathcal{K}\} = \{\mathcal{I}\cup(\mathcal{J}\cap\mathcal{K})\}$$

$$(7)\qquad \{(\mathcal{I}\cap\mathcal{J})\cup(\mathcal{J}\cap\mathcal{K})\cup(\mathcal{K}\cap\mathcal{I})\} = \{\mathcal{I}\cup\mathcal{J}\}\cap\{\mathcal{J}\cup\mathcal{K}\}\cap\{\mathcal{K}\cup\mathcal{I}\}.$$

Ces formules expriment la distributivité du treillis des idéaux semi-premiers [4].

Théorème 6. — *$\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$, $\mathcal{D}$ étant trois parties de $\mathcal{A}$, on a*

$$(8)\qquad \{\mathcal{B}\cup\mathcal{C}\}\cap\{\mathcal{B}\cup\mathcal{D}\} = \{\mathcal{B}\cup\mathcal{C}\mathcal{D}\}.$$

---

(4) *Voir* par exemple : Birkhoff, *Lattice Theory*, 2e édit., p. 133.

En effet (*voir* la démonstration du théorème 4), la formule (6) s'écrit

$$\{\mathcal{I}\cup\mathcal{J}\}\cap\{\mathcal{I}\cup\mathcal{K}\}=\{\mathcal{I}\cup\mathcal{J}\mathcal{K}\},$$

d'où

$$\{\{\mathcal{B}\}\cup\{\mathcal{C}\}\}\cap\{\{\mathcal{B}\}\cup\{\mathcal{D}\}\}=\{\{\mathcal{B}\}\cup\{\mathcal{C}\mathcal{D}\}\}$$

ou

$$\{\mathcal{B}\cup\mathcal{C}\}\cap\{\mathcal{B}\cup\mathcal{D}\}=\{\mathcal{B}\cup\mathcal{C}\mathcal{D}\}.$$

Remarque. — Raudenbush a donné directement, dans le cas des idéaux différentiels et en vue de la théorie des idéaux de polynomes, la relation $\{\mathcal{B}\cup ab\}=\{\mathcal{B}\cup a\}\cap\{\mathcal{B}\cup b\}$ où a et b sont des éléments de $\mathcal{A}$, faisant allusion à des résultats plus généraux, probablement à notre formule (8).

ALGÈBRE. — *Sur les formes quadratiques d'indice zéro.* Note (*) de M. **Tonny Albert Springer**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On démontre dans cette Note que l'indice d'une forme quadratique ne change pas par une extension du corps de base à un sur-corps algébrique de degré fini impair.

Soit E un espace vectoriel de dimension finie d sur le corps commutatif K, de caractéristique $\neq 2$; soit f une forme quadratique sur E. Si L est une extension de K, on dénote par E^L l'espace vectoriel sur L, déduit de E par extension à L du corps de base. Par

$$f^L(\lambda x, \mu y)=\lambda\mu f(x, y) \qquad (\lambda, \mu\in L, x, y\in E)$$

on définit une forme f^L sur E^L, qu'on appelle la forme quadratique sur E^L, déduite de f par extension à L du corps de base.

Rappelons qu'on dit que la forme f est d'indice zéro, si $f(x, x)\neq 0$ pour tout $x\neq 0$ de E.

Nous voulons démontrer la proposition suivante, conjecturée par E. Witt [1] :

Si la forme f est d'indice zéro, et si L *est une extension algébrique de* K *de degré fini impair, la forme f^L est d'indice zéro.*

La démonstration se fait en adaptant un raisonnement d'Artin-Schreier [2].

Il suffit évidemment de démontrer la proposition dans le cas où L est obtenu par adjonction d'une racine d'un polynome irréductible p de K[X], de sorte que nous pouvons supposer que $L = K[X]/(p)$. Nous raisonnerons par récurrence sur le degré (impair) n de p. La proposition est triviale pour $n=1$. Supposons-la vraie pour les degrés $< n$.

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) *J. de Crelle*, 176, 1937, p. 31-44, en particulier p. 35.

(2) *Abh. Math. Sem. Hamburg*, 5, 1926, p. 83-115.

Soit y un élément de E^L tel que $f^L(y, y) = 0$. Choisissons une base orthogonale (e_i) de E. Alors $y = \sum_{i=1}^{d} \lambda_i e_i (\lambda_i \in L)$, et $f^L(y, y) = 0$ s'écrit $\sum_{i=1}^{d} \lambda_i^2 \rho_i = 0$, où $\rho_i = f(e_i, e_i) \in K$. Cette relation équivaut à une congruence

$$\sum_{i=1}^{d} l_i^2 \rho_i \equiv 0 \pmod{p}$$

pour certains polynomes l_i de $K[X]$, donc aussi à une égalité

(1) $$\sum_{i=1}^{d} l_i^2 \rho_i = pq \quad (q \in K[X]).$$

On peut supposer que les l_i sont de degré $\leqq n-1$, ce qui implique que q est de degré $\leqq n-2$.

Pour démontrer qu'une relation de la forme (1) n'est possible que si tous les l_i sont nuls, nous raisonnerons par l'absurde. Supposons donc que les l_i ne soient pas tous nuls. Soit h le plus grand diviseur commun des polynomes l_i, alors h^2 divise q. En remplaçant dans (1) l_i par l_i/h et q par q/h^2, on obtient une relation de la forme (1), où les polynomes correspondants aux l_i ont le plus grand diviseur commun 1. Par conséquent on peut supposer que les l_i n'ont pas de facteur commun de degré $\geqq 1$.

Il existe un entier k $(0 \leqq k \leqq n-1)$ tel que

$$l_i = \alpha_k^{(i)} X^k + \alpha_{k-1}^{(i)} X^{k-1} + \ldots + \alpha_0^{(i)},$$

où les coefficients $\alpha_k^{(i)}$ ne sont pas tous nuls. Le polynome $g = \sum_{i=1}^{d} l_i^2 \rho_i$ est évidemment de degré $\leqq 2k$.

x désignant l'élément $\sum_{i=1}^{d} \alpha_k^{(i)} e_i$ de E, le coefficient de X^{2k} dans g est $\sum_{i=1}^{d} (\alpha_k^{(i)})^2 \rho_i = f(x, x)$. Puisque les $\alpha_k^{(i)}$ ne sont pas tous nuls, on a $f(x, x) \neq 0$. Donc le degré de g est $2k$, ce qui entraîne que le degré de q est *impair*. Par conséquent, il existe un polynome irréductible p' de degré impair n' qui divise q. On a

$$\sum_{i=1}^{d} l_i^2 f_i \equiv 0 \pmod{p'}.$$

Puisque $n' < n$, l'hypothèse de récurrence montre que $l_i \equiv 0 \pmod{p'}$. Mais cela donne une contradiction parce que les l_i n'ont pas de diviseur commun de degré $\geqq 1$. Donc les l_i sont tous nuls, ce qui démontre la proposition.

L désignant toujours une extension de K de degré impair, la proposition démontrée ci-dessus implique les suivantes :

a. si la forme f est d'indice ν, la forme f^L est d'indice ν;

b. si les formes f et g ne sont pas équivalentes sur l'espace vectoriel E, *les formes f^L et g^L ne sont pas équivalentes sur l'espace vectoriel* E^L.

Ces propositions s'obtiennent facilement en appliquant les résultats de E. Witt (*loc. cit.*).

ALGÈBRE. — *Sur les homogroupes.*

Note de M. **Gabriel Thierrin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Un demi-groupe H *est un homogroupe, s'il existe dans* H *un élément e idempotent et permutable avec chaque élément de* H, *tel que pour tout $x \in$* H, *il existe un élément $x' \in$* H *vérifiant la relation*

$$xx' = e.$$

L'élément x' est dit un *inverse à droite* de x par rapport à e, et e est appelé l'élément *unitif* de H. Cet élément est *unique*. En effet, supposons qu'il existe deux tels éléments e_1 et e_2. Il y a deux éléments $e''_1 \in$ H et $e'_2 \in$ H tels que

$$e_1 e''_1 = e_2 \qquad \text{et} \qquad e_2 e'_2 = e_1$$

d'où

$$e_2 = e_1 e''_1 = e_1^2 e''_1 = e_1 e_2,$$
$$e_1 = e_2 e'_2 = e_2^2 e'_2 = e_2 e_1.$$

Comme $e_1 e_2 = e_2 e_1$, nous avons $e_1 = e_2$.

Théorème 1. — *L'ensemble* G *des éléments $xe = ex$ d'un homogroupe* H, *où x parcourt tous les éléments de* H, *constitue un groupe homomorphe à* H *et permis dans* H.

En effet, soient $x, y, z \in$ H. Nous avons

$$xe . ye = xye^2 = xye$$

L'élément e est élément neutre dans G, car

$$xe . e = x . e^2 = xe.$$

Pour chaque xe, il existe dans G un inverse à droite $x'e$, où x' est un inverse à droite de x dans H. En effet, nous avons

$$xe . x'e = xx' . e^2 = e . e^2 = e.$$

Donc G est un groupe, et ce groupe est homomorphe à H en faisant correspondre à $x \in$ H l'élément $xe \in$ G. En effet, si $xy = z$, nous avons

$$xe . ye = xy . e = ze$$

Le groupe G est permis dans H, puisque

$$xe.y = xy.e \in G \quad \text{et} \quad y\,xe = yx.e \in G.$$

Ce groupe G, homomorphe à H, est dit le *noyau* de H, et il est unique.

Remarquons que nous avons $xe.x'e = x'e.xe = x.x'e = x'e.x = e$, c'est-à-dire que tout élément de H possède un élément inverse à la fois à droite et à gauche par rapport à e.

THÉORÈME 2. — *Tout demi-groupe cyclique C fini est un homogroupe.*

Nous partons de la proposition suivante établie par D. Rees (¹). Si C fini est engendré par l'élément a, il existe deux entiers m et n tels que $a^m = a^n (m < n)$; n étant choisi minimum dans la relation précédente, on a

$$C = \{a, a^2, \ldots, a^m, \ldots, a^{n-1}\}$$

et l'ensemble $G = \{a^m, \ldots, a^{n-1}\}$ est un groupe cyclique.

Soit alors a^r l'élément neutre de G, et soit a^i un élément quelconque de C. Si $a^i \in G$, il y a un élément $a^k \in G$ tel que $a^i.a^k = a^r$. Si a^i n'appartient pas à G, alors $i < m$, et il y a un élément $a^{r-i} \in C$ tel que $a^i.a^{r-i} = a^r$. Par conséquent C est un homogroupe.

Un demi-groupe D, possédant un élément e tel que, pour tout $x \in D$, on ait un $x' \in D$ vérifiant les relations $ex = xe$ et $xx' = e$, est un homogroupe si le demi-groupe cyclique E engendré par e est fini. En effet, E contient un groupe, donc un élément idempotent de la forme e^m. Si $m > 1$, nous avons

$$x.x'e^{m-1} = e^m.$$

Tout homogroupe H *tel que la relation* $xe = ye$, x *et* y *étant deux éléments quelconques de* H, *entraîne* $x = y$, *est un groupe. En effet*

$$(xe)e = xe^2 = xe \quad \text{d'où} \quad xe = x.$$

THÉORÈME 3. — *Tout anneau* K, *tel que l'ensemble* $K_1 = K - \{0\}$ *soit un homogroupe par rapport à la multiplication, est un corps.*

Soient e l'élément unitif de K_1, et x et y deux éléments quelconques de K_1. L'égalité $xe = ye$ entraîne $x = y$. En effet, nous avons

$$xe - ye = (x - y)e = 0.$$

Nous devons alors avoir $x - y = 0$, c'est-à-dire $x = y$. Car, si $x - y \neq 0$, $x - y$ appartient alors à K_1, et $(x - y)e$ appartient au noyau de K_1, c'est-à-dire encore à K_1. Donc, dans ce cas $(x - y)e$ est $\neq 0$, contre l'hypothèse. Par conséquent, K_1 est un groupe par rapport à la multiplication.

Tout homogroupe H, *tel que chacun de ses éléments n'a qu'un élément inverse à droite (à gauche), est un groupe.* En effet, soit N le noyau de H. Si $x \in H$,

(¹) *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 36, 1940, p. 388.

l'élément $xe \in N$ et son inverse dans N est $(xe)^{-1}$. Les éléments xe et x sont des inverses à droite de $(xe)^{-1}$ dans H. Donc $x = xe$, et $H = N$.

Tout homogroupe H, *tel que, pour tout couple d'éléments* (a, b) *de* H, *il existe un complémentaire à droite (à gauche)* x, *est un groupe.*

En effet, soit d un élément quelconque de H et c un élément quelconque du noyau N de H. Il y a dans H un élément y tel que $cy = d$. Mais le noyau est permis dans H. Donc $d \in N$, et $H = N$.

Signalons enfin quelques propositions dont les démonstrations seront publiées dans un autre Recueil.

a. Si un demi-groupe contient un groupe G homomorphe à H, tel que tout élément de H qui appartient à G est sa propre image, et si l'élément neutre e de G est tel que ex et xe appartiennent à G, quel que soit $x \in H$, alors H est un homogroupe qui a le groupe G comme noyau.

b. Tout demi-groupe H, contenant un sous-demi-groupe G tel que pour chaque couple d'éléments (a, b), $a \in H$, $b \in G$, il existe un élément $x \in G$ et un elément $y \in G$ satisfaisant les relations $ax = ya = b$ est un homogroupe.

c. Pour toute équivalence régulière à droite ou à gauche dans un homogroupe H, la classe qui contient l'élément unitif est un homogroupe.

ALGÈBRE. — *Sur les groupes ordonnés*, III. Note (*) de M. **Tadashi Michiura**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans la présente communication faisant suite à celle du 31 mars 1952, l'auteur achève son étude de la représentation des groupes additifs ordonnés fortement archimédiens.

Lemme ([1]). — *Soit* G *un groupe additif ordonné et simple; si* G *vérifie la condition suivante :*

($\star$) $na \geq 0$ *pour quelque entier positif* n, *entraîne* $a \geq 0$, *alors* G *est isomorphe à un sous-groupe du groupe additif totalement ordonné* R *des réels.*

Démonstration. — *Voir* Ky Fan ([2]).

Étant donné une famille $(G_\iota)_{\iota \in I}$ des groupes additifs ordonnés, on appelle produit pseudo-cardinal de $(G_\iota)_{\iota \in I}$ le groupe produit $G = \prod_{\iota \in I} G_\iota$ [c'est-à-dire l'ensemble produit $\prod_{\iota \in I} G_\iota$ muni de la loi de composition $(\ldots, g_\iota, \ldots) + (\ldots, g'_\iota, \ldots) = (\ldots, g_\iota + g'_\iota, \ldots)$] avec la relation d'ordre laquelle se définit de la façon suivante :

(*) Séance du 31 mars 1952.

([1]) *Voir* les Notes précédentes (*Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1403 et 234, 1952, p. 1422).

([2]) *Ann. Math.*, 51, 1950, p. 426.

$(\ldots, g_\iota, \ldots) > (\ldots, o_\iota, \ldots)$ pour tout $\iota \in I$, $g_\iota > o_\iota$, où o_ι est l'élément nul de G_ι (3).

THÉORÈME 2. — *Si un groupe additif ordonné* G *est fortement archimédien et vérifie la condition* ($\star$) *du lemme, alors* G *est isomorphe à un sous-groupe du groupe additif totalement ordonné* R *des réels, ou au produit lexicologique* $Q \circ V$ *d'un sous-groupe* Q *du produit pseudo-cardinal de groupes identiques à* R *et un groupe additif trivialement ordonné* V (4).

Démonstration. — Si G est simple, d'après le lemme, G est isomorphe à un sous-groupe de R. Supposons maintenant que G soit non simple; comme G est fortement archimédien, tout idéal propre de G est trivialement ordonné, et l'ensemble ordonné de tous les idéaux trivialement ordonnés de G, ordonné par la relation d'inclusion, est inductif; donc, d'après le théorème de Zorn, il existe au moins un idéal trivialement ordonné et maximal de G. Désignons par Ω l'ensemble de tous les idéaux trivialement ordonnés et maximaux de G; si $T \in \Omega$, d'après le théorème 1, le groupe quotient G/T est quasi isomorphe à un sous-groupe de R. Soit τ_T l'homomorphisme de G dans R induit par cet isomorphisme de G/T dans R; si $a > o$ dans G, alors $\tau_T(a) > o$ dans R, car $a \notin T$. Considérons l'application $\tau : a \to \tau(a) = [\ldots, \tau_T(a), \ldots]_{T \in \Omega}$, τ est un groupe homomorphisme de G dans le produit pseudo-cardinal de groupes identiques à R, tel qu'elle est croissante ainsi que son application réciproque. En effet, il est immédiat que, si $a > o$, $\tau(a) = (\ldots, \tau_T(a), \ldots) > (\ldots, o, \ldots)$; réciproquement, si $a \not> o$ et $a \not< o$, d'après la condition ($\star$), le groupe cyclique $A = \{a\}$ est un idéal trivialement ordonné de G; donc, il existe un idéal $T \in \Omega$ tel que $A \subset T$; comme $\tau_T(a) = o$, $\tau(a) \not> o$ et $\tau(a) \not< o$. Soit V l'intersection de tous les idéaux de Ω, alors V est aussi un idéal trivialement ordonné de G, et G/V est isomorphe à un sous-groupe Q du produit pseudo-cardinal de groupes identiques à R. Ainsi, G est isomorphe au produit lexicologique $Q \circ V$.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur certains problèmes d'approximation*, II. Note de MM. **Georges Poitou** et **Roger Descombes**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous améliorons les limitations que nous nvons données récemment, et nous indiquons des valeurs exactes dans ces cas particuliers.

Nous conservons les notations d'une Note précédente (1). Nous pouvons préciser les résultats qui y sont contenus, concernant la limitation des constantes $K(s, a, b)$, qu'on peut noter $K(s)$. Notons encore $C(s) = s^2/K(s)$.

---

(3) Pour la définition de produit cardinal, *voir* Garrett Birkhoff, *loc. cit.*, p. 231. Ex. 1, *ou voir* A. H. Clifford, *Ann. Math.*, 41, 1940, p. 468.

(4) Pour la définition de produit lexicologique, *voir* Garrett Birkhoff, *Ann. Math.*, 43, 1942, p. 316, ou *voir* A. H. Clifford, *loc. cit.*, p. 468.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 581.

Nous savons maintenant démontrer $C(s) \geq 2,5$; mais cette constante n'est pas la plus grande possible.

Cependant, il existe des valeurs de s, en nombre infini, pour lesquelles $C(s)$ est inférieur à 3. En effet, soit $s = 2u_{2p+3}$, $a = u_{2p}$, $b = s - u_{2p+1}$, où p est un entier naturel quelconque, et où $\{u_k\}$ est la suite de Fibonacci, définie par $u_0 = 0$, $u_1 = 1$, $u_{k+1} = u_k + u_{k-1}$. ξ sera le nombre dont le développement en fraction continue a tous ses quotients incomplets égaux à 1, sauf ceux dont le rang est multiple de $4p+2$, qui sont égaux à 4. On a pour $0 \leq j \leq 2p$ (mod. $4p+2$) $\alpha_j = s - u_{2p+1-j}$, et pour $2p+1 \leq j \leq 4p+1$ (mod. $4p+2$) $\alpha_j = u_{j-2p-1}$ si j est impair, et $\alpha_j = s - u_{j-2p-1}$ si j est pair (et, bien entendu, $\beta_{j+1} = \alpha_j$). $K(\xi, s, a, b)$ est fourni par les fractions $f^{0,0}_{k(4p+2)+1}$ et est équivalent, pour p grand, à $s^2(1+4\theta)/2\theta^5$ avec $\theta = (1/2)(1+\sqrt{5})$. Donc pour p grand, $C(s)$ est au plus voisin de $(2/11)(7\theta+5) = 2,968\ldots$

Valeurs de $K(s)$ *pour* $2 \leq s \leq 10$. — On a $K(2) = 1$, et cette valeur n'est pas isolée dans l'ensemble des $K(\xi, 2)$ (²).

Au contraire, pour les cas $3 \leq s \leq 10$, la constante $K(s)$ est toujours isolée, et n'est atteinte que pour certains nombres quadratiques (dits critiques). Voici la liste des résultats, avec une période de développement des nombres critiques.

$s = 3$	$a = 1\ 3\ 1\ 6$ $\alpha = 0\ 2\ 0\ 2$	$K(3) = \dfrac{9}{\sqrt{10}}$	$C(3) = 3,16$
$s = 4$	$a = 4\ 1$ $\alpha = 3\ 0$	$K(4) = \dfrac{7}{\sqrt{2}}$	$C(4) = 3,23$
$s = 5$	$a = 4\ 1\ 1$ $\alpha = 4\ 4\ 0$	$K(5) = \dfrac{40}{\sqrt{26}}$	$C(5) = 3,18$
$s = 6$	$a = 5\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $\alpha = 4\ 5\ 5\ 0\ 5\ 1$	$K(6) = \dfrac{69}{\sqrt{39}}$	$C(6) = 3,26$
$s = 7$	$a = 4\ 1\ 3\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $\alpha = 5\ 0\ 5\ 6\ 6\ 0\ 6\ 1$	$K(7) = \dfrac{3265}{2\sqrt{9999}}$	$C(7) = 3,00$
$s = 8$	$a = 3\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $\alpha = 6\ 7\ 7\ 0\ 7\ 1$	$K(8) = \dfrac{94}{3\sqrt{2}}$	$C(8) = 2,89$
$s = 9$	$a = 8\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $\alpha = 7\ 8\ 8\ 0\ 8\ 1$	$K(9) = \dfrac{159}{\sqrt{38}}$	$C(9) = 3,14$
$s = 10$	$a = 4\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $\alpha = 8\ 9\ 9\ 0\ 9\ 1$	$K(10) = \dfrac{370}{\sqrt{110}}$	$C(10) = 2,83$

(²) Ce résultat est connu. *Cf.* J. F. Koksma, *Diophantische Approximationen* VI, § 2, 4.

Un problème analogue est celui où les dénominateurs des fractions ne sont plus astreints à être positifs, ou encore où les dénominateurs, restant positifs, peuvent appartenir à deux classes opposées mod s. Ces deux classes sont caractérisées à chaque rang n par les couples α_n, β_n et α'_n, β'_n congrus à $-\alpha_n$ et $-\beta_n$ et compris entre o et $s-1$. On peut alors appliquer les lemmes 1 et 2 de la Note précédente. Il existe une infinité de rangs où pour les deux classes simultanément, l'un ou l'autre des deux lemmes est valable (pas nécessairement le même pour les deux classes). A un tel rang n, l'une des fractions intervenant dans les lemmes donne donc :

$$|v(v\xi-u)|<\frac{1}{2}s\min(\beta_n, \beta'_n).$$

En particulier, en désignant par $\overline{K}(s)$ la constante analogue à $K(s)$ pour ce nouveau problème, on a donc $\overline{K}(s)\leqq s^2/4$ [3].

La constante 4 est ici la meilleure possible. En effet, on a évidemment $\overline{K}(2)=K(2)=1$. Mais il y a une raison plus profonde. En effet, les exemples donnés à la fin de la Note précédente [4] montrent que $\overline{K}(s)$ est équivalent à $s^2/4$ pour s grand. On peut cependant — et notre méthode s'y prête — améliorer la majoration précédente pour les petites valeurs de s. Ainsi, on a $\overline{K}(3)=3/\sqrt{5}$ et $\overline{K}(4)=2$.

D'ailleurs la valeur de $\overline{K}(4)$ est une conséquence facile de $\overline{K}(2)=1$, et celle de $\overline{K}(3)$ résulte aisément du théorème suivant, qui précise un théorème classique d'Hurwitz :

Pour tout nombre irrationnel x, il existe une infinité de fractions p/q telles que $|q(qx-p)|<1/\sqrt{5}$, q n'étant pas divisible par un nombre premier impair donné.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions hypergéométriques de plusieurs variables*. Note de M. **Vincent Ou Tchen-yang**, présentée par M. Paul Montel.

On sait comment la fonction hypergéométrique d'une variable

$$F(x)=\int u^\lambda(u-1)^\mu(u-x)^\nu\,du$$

solution de l'équation différentielle de Gauss engendre, pour λ, μ, ν réels, les fonctions de Schwarz représentant le demi-plan supérieur sur un triangle

(3) Ce résultat est obtenu sous une forme un peu plus précise par M. J. F. Koksma (*Simon Stevin*, IV, 1950-1951, p. 199).

(4) Il faut d'ailleurs les rectifier de façon évidente si s est le double d'un nombre impair.

d'arcs de cercle : la fonction $F(x)$ étant multiforme, à deux branches linéairement indépendantes, le rapport de deux branches fondamentales est une fonction de Schwarz de x. La conservation d'une forme d'Hermite par le groupe de monodromie de $F(x)$ résulte alors du fait géométrique qu'on peut toujours trouver un cercle, réel ou imaginaire, orthogonal à trois cercles donnés.

Considérons de même la fonction hypergéométrique de deux variables

$$F_1(x, y) = \int u^{\alpha}(u-1)^{\beta}(u-x)^{\gamma}(u-y)^{\delta}\,du$$

solution du système d'équations aux dérivées partielles complètement intégrable

$$\begin{aligned} &x(x-1)r + y(y-1)s = [(\alpha+\beta+2\gamma+\delta)x + \delta y - (\alpha+\gamma+\delta)]p - \gamma(\alpha+\beta+\gamma+\delta+1)z,\\ &x(x-1)s + y(y-1)t = [\gamma x + (\alpha+\beta+\gamma+2\delta)y - (\alpha+\gamma+\delta)]q - \delta(\alpha+\beta+\gamma+\delta+1)z\\ &\qquad (y-x)s = \delta p - \gamma q, \end{aligned}$$

fonction multiforme à trois branches linéairement indépendantes.

z_1, z_2, z_3 étant trois branches fondamentales de $F_1(x, y)$, je les regarde comme les coordonnées homogènes d'un point P dans un espace projectif à deux dimensions complexes. Les constantes α, β, γ, δ étant supposées réelles, lorsque les variables x, y parcourent les axes réels, le point P correspondant décrit un certain nombre de *chaînes planaires* (transformées homographiques du sous-espace réel) dont quatre convenablement choisies déterminent toutes les autres. La méthode du prolongement analytique permet de déduire de ces chaînes les substitutions fondamentales du groupe de monodromie : *chacune de ces substitutions résulte de deux symétries par rapport à deux chaînes consécutives.*

Une *hypersurface hermitienne* (H) est l'ensemble des points dont les coordonnées homogènes annulent une forme d'Hermite

$$H(z_1, z_2, z_3) = \Sigma A_{ik} \bar{z}_i z_k, \qquad (A_{ki} = \bar{A}_{ik}).$$

Deux points (z_1, z_2, z_3), (z'_1, z'_2, z'_3) sont *conjugués* par rapport à (H) si l'on a $\Sigma A_{ik} \bar{z}_i z'_k = 0$, ce qui entraîne aussi $\Sigma A_{ik} \bar{z}'_i z_k = 0$; une chaîne planaire est *orthogonale* à (H) si elle contient trois points linéairement indépendants conjugués deux à deux. Je démontre alors les propriétés suivantes, purement géométriques :

1° *Un cycle de quatre chaînes planaires dont deux consécutives ont en commun une chaîne linéaire dépend de quatre paramètres réels que laisse invariants toute transformation homographique; les valeurs de ces paramètres étant données, le cycle est déterminé à une transformation homographique près.*

2° *Il existe une hypersurface hermitienne, et en général une seule, orthogonale aux quatre chaînes planaires.*

L'application à la fonction $F_1(x, y)$ donne la forme d'Hermite que conserve

le groupe de monodromie de $F_1(x, y)$, forme dont je détermine la nature elliptique ou hyperbolique. Les constantes $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ étant supposées non entières ainsi que leur somme, soient α', β', γ', δ' les quatre nombres positifs et inférieurs à *un* qui diffèrent de $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ par des entiers; *la forme d'Hermite est alors elliptique si l'on a*

$$\alpha'+\beta'+\gamma'+\delta'<1 \quad \text{ou} \quad \alpha'+\beta'+\gamma'+\delta'>3,$$

hyperbolique si l'on a

$$1<\alpha'+\beta'+\gamma'+\delta'<3.$$

On a des résultats analogues pour les fonctions hypergéométriques de plus de deux variables.

DYNAMIQUE DES SYSTÈMES STELLAIRES. — *Sur l'aplatissement critique dans la séquence des galaxies.* Note de M. **Hervé Fabre**, transmise par M. Jean Chazy.

Justification théorique de l'aplatissement qui est à la fois l'aplatissement maximum des galaxies ellipsoïdales et l'aplatissement minimum des galaxies en spirales.

La classification photographique des galaxies, faite par Hubble en 1926, avait fait croire à un sens d'évolution par aplatissements croissants, d'abord dans la séquence des galaxies ellipsoïdales depuis la figure sphérique E_0 jusqu'à la figure à profil fusiforme E_7, ensuite dans la séquence des galaxies spiralées depuis la figure S_a à spires serrées jusqu'à la figure S_c à spires ouvertes. Un aplatissement limite, égal à 0,7 environ, séparait les deux séquences, et des essais avaient été tentés pour montrer comment une galaxie E, parvenue à cet aplatissement critique, pouvait dynamiquement se transformer en galaxie S. Or, les idées suscitées par Hubble ont paru, ces dernières années, sujettes à révision : des arguments tirés de la dislocation des amas ouverts et aussi de la présence, dans les spirales, de nébulosités et d'étoiles supergéantes à vie radiative courte, semblent indiquer la jeunesse des galaxies spiralées par rapport aux ellipsoïdales [1]. Le sens de l'évolution pourrait donc être de S vers E, ou plus précisément de S_c vers S_a dans la séquence S, et de E_7 vers E_0 dans la séquence E. C'est le sens contraire de celui des indices de Hubble.

Mon but est de prouver qu'en rejetant l'ancienne interprétation, il est encore possible de *définir théoriquement l'aplatissement limite entre les séquences* S *et* E. Rappelons que nous entendons par aplatissement d'une galaxie l'aplatissement de sa région stellaire; la nébulosité entourant

---

[1] Shapley, *Scientific Monthly*, 67, 1948, p. 251-253.

chaque galaxie n'a qu'un faible aplatissement et n'est pas prise en compte. D'autre part, nous laissons de côté, dans cette Note, les galaxies irrégulières (3 % seulement du nombre total).

1° Une galaxie ellipsoïdale qui aurait à l'origine un aplatissement supérieur à ceux de la classe E_7 ne pourrait subsister dans sa forme. En effet, l'état primitif de chaque galaxie étant assimilable à un état fluide, tout aplatissement supérieur à l'aplatissement critique de Bryan et Lindblad, qui correspond à une excentricité méridienne de 0,9529..., est un *aplatissement d'instabilité hydrodynamique* (²).

2° On voit de la même façon qu'une galaxie spiralée d'aplatissement décroissant ne pourrait se transformer en galaxie ellipsoïdale avant d'avoir atteint l'aplatissement critique de Bryan et Lindblad (à condition, bien entendu, que l'analogie hydrodynamique soit encore valable) : la galaxie ellipsoïdale qui en résulterait serait instable.

3° Une galaxie ellipsoïdale qui aurait un aplatissement initial plus faible que l'aplatissement critique conserverait indéfiniment son caractère ellipsoïdal, en devenant moins aplatie.

4° Si toutes les galaxies ont pris leur individualité sous la forme ellipsoïdale, ou sous une forme voisine plus ou moins régulière, celles d'entre elles qui étaient moins aplaties que l'ellipsoïde critique ont conservé leur caractère ellipsoïdal, tandis que les autres se sont immédiatement transformées et sont devenues les spirales qu'on observe actuellement.

5° Une galaxie spiralée dont les spires évoluent en se dissipant ou en se serrant (sens de rotation comme dans l'enroulement d'un ressort de montre) est destinée à passer dans la catégorie E après avoir atteint l'aplatissement critique. Pas plus tôt car elle serait instable (*voir* 2°). Mais elle pourrait rester spiralée jusqu'à un aplatissement inférieur et n'avoir pas besoin d'un aplatissement privilégié pour sa transformation; on devrait alors s'attendre au passage de S à E pour des aplatissements variés, plus petits que l'aplatissement critique, et il y aurait, dans la série de ces aplatissements, des S non encore transformées en E, ce qui est contraire aux observations.

C'est donc l'évolution de la figure elle-même qu'il faut mettre en doute dans la nouvelle conception : *on peut présumer que les galaxies nous apparaissent à peu près telles qu'elles étaient après la phase de formation* (peut-être violente) dont elles sont sorties comme systèmes indépendants. La phase évolutive actuelle, d'allure lente, permettrait seulement aux spirales, bien pourvues en nuages cosmiques, de dépenser de l'énergie plus intensivement que les ellipsoïdes, et cela par des processus de caractère radiatif plutôt que dynamique. Cette évolution sans changement sensible de figure

(²) CHANDRASEKHAR, *Principles of Stellar Dynamics*, Chicago University, 1942, p. 177.

est celle qui s'accommoderait le mieux des durées de l'échelle courte (10^9 à 10^{10} années).

En résumé, les deux interprétations de la séquence des galaxies sont les suivantes :

I. *Avec les idées anciennes : évolution de* E *vers* S, *et transformation de* E *en* S, *dans notre schéma, pour l'excentricité critique statistique* 0,9560... ([3]).

II. *Avec les idées nouvelles, peut-être pas d'évolution sensible en ce qui concerne les figures, bien que la séquence* S *semble précéder la séquence* E; *une coupure est marquée entre les deux séquences par l'excentricité critique hydrodynamique* 0,9529... *du schéma de Lindblad.*

ASTROPHYSIQUE ET RADIOASTRONOMIE. — *Observations combinées de l'éclipse totale de Soleil du* 25 *février* 1952 *à Khartoum (Soudan) et de l'éclipse partielle au radio-télescope de l'Observatoire de Meudon.* Note de MM. **Marius Laffineur, Raymond Michard, Jean-Claude Pecker,** Mme **Marguerite d'Azambuja,** MM. **Audoin Dollfus** et **Ivan Atanasijević,** présentée par M. André Danjon.

Le Bureau des Longitudes a envoyé à Khartoum (Soudan), une mission pour l'étude de l'éclipse de Soleil du 25 février 1952. Cette mission était placée sous la direction du regretté Bernard Lyot, subitement décédé sur le chemin du retour. Les observations optiques de la couronne décrites ci-après ont été préparées suivant ses directives et avec son actif concours.

1. Observations radioastronomiques. — *a. Instruments et méthode de mesure.* — Le collecteur d'ondes comprenait un réflecteur parabolique de 6 m de diamètre et de 3,6 m de distance focale, monté en équatorial. Au foyer de ce miroir, deux antennes demi-onde accordées sur 55 et 117 cm de longueur d'onde et, doublées d'antennes réflectrices, alimentaient deux récepteurs ayant une bande passante de 1,3 Mc/s. Le courant de sortie des récepteurs, proportionnel à l'énergie à l'entrée, était observé sur deux enregistreurs à plume et sur deux galvanomètres à miroir.

Pour éliminer autant que possible les effets de l'instabilité du zéro, on exécutait, toutes les 5 minutes, une rotation du réflecteur autour de l'axe horaire de façon à comparer au rayonnement solaire le rayonnement supposé constant d'une région du ciel, toujours la même, choisie à l'avance.

b. Résultats. — Deux courbes d'éclipse sur 550 et 255 Mc/s ont pu être établies; leur interprétation détaillée est en cours. D'ores et déjà, les résultats suivants peuvent en être extraits :

Au milieu de la totalité (9 h 10 m 50 s T. U.) l'intensité du rayonnement de

(3) H. Fabre, *Ann. Obs. Toulouse*, 16, 1941, p. 170-197. Un système stellaire sphéroïdal qui évolue en s'aplatissant devient statistiquement instable pour la valeur 0,9560... de l'excentricité méridienne.

la partie de la couronne non masquée par la Lune était égale, pour 550 Mc/s à 19,5 % ± 1 % du rayonnement total du Soleil non éclipsé et pour 255 Mc/s à 30,5 % ± 1 %. Au moment des premier et dernier contacts optiques, il y avait déjà sur 550 Mc/s une baisse de 3 % du rayonnement.

c. L'éclipse radioélectrique a également été observée à l'aide du radiotélescope de l'Institut d'Astrophysique à l'Observatoire de Meudon sur 255 Mc/s. Au moment du maximum de l'éclipse partielle radioélectrique, en retard de 13 minutes sur celui de l'éclipse optique, l'intensité restante était les 83 % de l'intensité totale du Soleil non éclipsé.

2. Observations optiques (elles ont été favorisées par un ciel pur et faiblement diffusant). — *a*. Au moyen d'une lunette de 15 cm d'ouverture, éclairée par un cœlostat et équipée d'un filtre monochromatique de Lyot et d'un séparateur de radiations ([1]) nous avons obtenu des clichés de la couronne. Le filtre isolait deux bandes spectrales de 2 Å environ centrées sur les raies d'émission coronales verte (λ 5305 Å) et rouge (λ 6374 Å), et le séparateur donnait simultanément les images correspondantes sur deux plaques Kodak OG et OE. Trois poses ont été effectuées : 10 secondes, 2 minutes, 10 secondes, fournissant au total six clichés de la couronne, trois *verts* et trois *rouges*, ainsi que des images de la chromosphère. Le diamètre du Soleil sur ces clichés, est de 31 mm; ils sont étalonnés photométriquement. Ils permettront l'étude des relations entre la couronne monochromatique d'une part, la chromosphère et la couronne blanche de l'autre. On a photographié dans les mêmes conditions un diffuseur blanc connu, afin de déterminer, en valeur absolue, la brillance des émissions coronales.

b. Dans le but d'étendre aux régions les plus éloignées du limbe les mesures spectrophotométriques de Grotrian ([2]), le spectre de la couronne externe a été photographié sur plaque Kodak OF à l'aide d'un spectrographe à ciel nocturne dont la chambre a une ouverture de $f/0,7$. Cet appareil était éclairé par un cœlostat et un objectif de 10 cm d'ouverture. La fente du spectrographe était placée suivant l'équateur du Soleil et coupait les régions s'étendant de 1,3 à 5 diamètres solaires à partir du bord Ouest. Le spectre obtenu, un peu sous-exposé, ne sera que partiellement utilisable.

c. A l'aide d'une batterie de six chambres photographiques de courtes distances focales (de 12,5 à 32 cm), nous avons pris des clichés de la couronne externe en lumière rouge et infrarouge (plaques Kodak OE, OF et IQ) en vue de son étude photométrique et polarimétrique. Une partie seulement des clichés obtenus est utilisable. Sur l'un des meilleurs on peut suivre un jet coronal intense jusqu'à une distance du bord solaire égale à six fois le diamètre de l'astre.

([1]) *Ann. Astrophys.*, 7, 1944, p. 31.

([2]) *Z. Astrophys.*, 8, 1934, p. 124.

Un autre cliché permet de mesurer la polarisation de la couronne externe dans le rouge : il apparaît que la lumière du jet déjà cité est fortement polarisée.

Les résultats de l'étude détaillée des documents réunis au cours de l'éclipse seront publiés ultérieurement.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Nouvelle remarque sur les collisions entre atomes et électrons.* Note (*) de M. S. KICHENASSAMY, présentée par M. Louis de Broglie.

On donne ici une méthode pour développer la théorie projetée dans une précédente Note ([1]) et l'on justifie en même temps la méthode utilisée dans un travail sur l'interaction entre matière et rayonnement ([2]).

Nous avons donné dans une précédente Note ([1]) les idées de base qui peuvent servir à l'élaboration d'une théorie générale des collisions entre atomes et électrons, et nous indiquons ici la méthode que l'on pourrait adopter pour développer une telle théorie.

Si $c_\sigma(t)$, $c_{\sigma'}(t)$, $c_{\sigma\lambda}(t)$ sont les amplitudes de probabilité des états initial, intermédiaire et final de l'électron σ, la théorie des perturbations donne

$$(3a)\qquad dc_\sigma(t) = \sum_{\sigma'} \frac{2\pi i}{h} \mathrm{H}_{\sigma\sigma'} c_{\sigma'}(t)\, e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{E}_{\sigma'}-\mathrm{E}_\sigma)t},$$

$$(3b)\qquad \frac{dc_{\sigma'}(t)}{dt} = \frac{2\pi i}{h}\left\{ \mathrm{H}_{\sigma'\sigma} c_\sigma(t)\, e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{E}_\sigma-\mathrm{E}_{\sigma'})t} + \sum_{\sigma\lambda} \mathrm{H}_{\sigma'\sigma\lambda} c_{\sigma\lambda}(t)\, e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{E}_{\sigma\lambda}-\mathrm{E}_{\sigma'})t} \right\},$$

$$(3c)\qquad \frac{dc_{\sigma\lambda}(t)}{dt} = \frac{2\pi i}{h} \mathrm{H}_{\sigma\lambda\sigma'} c_{\sigma'}(t)\, e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{E}_{\sigma'}-\mathrm{E}_\sigma)t}.$$

Pour résoudre ces équations, nous nous donnons en tenant compte des conditions initiales

$$c_\sigma(0) = 1, \qquad c_{\sigma'}(0) = c_{\sigma\lambda}(0) = 0,$$

les expressions de

$$(4a)\qquad c_\sigma(t) = e^{-\frac{\Gamma_\sigma t}{2}},$$

$$(4b)\qquad c_{\sigma'}(t) = \alpha_{\sigma'}\, e^{-\frac{\Gamma_\sigma t}{2}} \left[e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{E}_\sigma-\mathrm{E}_{\sigma'})t} - \eta_{\sigma'}(t, \mathrm{E}_\sigma^{\sigma'})\, e^{-\frac{\gamma_\sigma t}{2}} \right].$$

Les équations sont les mêmes que celles qui figurent dans notre travail sur l'interaction entre matière et rayonnement ([2]) et nous serons très bref quant à la résolution de ces équations.

La fonction $\eta_{\sigma'}(t, \mathrm{E}_\sigma^{\sigma'})$ où $\mathrm{E}_\sigma^{\sigma'}$ est l'énergie effectivement fournie pour faire passer l'électron σ à l'état σ' est une fonction intégrable, continue, décroissante

(*) Séance du 3 mars 1952.

([1]) *Comptes rendus* 234, 1952, p. 1035.

([2]) *J. Phys.*, 12, 1951, p. 863.

à partir de 1 quand t varie de zéro à t et bornée inférieurement. Si $E_{\sigma\sigma'}$ est la différence des énergies des états σ et σ', nous pouvons admettre que $\eta_{\sigma'}$ est fonction uniquement de $|E_{\sigma}^{\sigma'} - E_{\sigma\sigma'}|$; de plus nous la définirons non nulle que dans un intervalle d'énergie satisfaisant à $|E_{\sigma}^{\sigma'} - E_{\sigma\sigma'}| \leqq \Delta E_{\text{lim}}$.

Remarque. — L'introduction de cette fonction $\eta_{\sigma'}$ qui paraissait arbitraire dans le travail mentionné plus haut ([2]) peut en quelque sorte être justifié; en effet, la présente théorie s'appuie sur des idées physiques très semblables à celles qui ont servi à élaborer une théorie des réactions nucléaires. Or celle-ci, si on la prend sous la forme qui lui a été donnée par M. Weisskopf, introduit pour tenir compte de la formation d'un noyau composé un facteur (que nous désignons par η_{W}) qui affecte la partie de la fonction d'onde correspondant au faisceau émergent des particules, de telle sorte que la section efficace de la réaction devient proportionnelle à $(1 - |\eta_{W}|^2)$. Par contre notre fonction $\eta_{\sigma'}(t, E_{\sigma}^{\sigma'})$ (que nous désignerons par η_{k}) déterminant, comme nous l'avons remarqué ailleurs, un taux de passage des états virtuels aux états réels correspond précisément à la formation du complexe, c'est-à-dire que l'on pourrait avoir $|\eta_{k}|^2 + |\eta_{W}|^2 = 1$. D'autre part, le calcul de η_{W} a pu être effectué dans un cas très simple en ne considérant que ce qui se passe à la surface du complexe; néanmoins nous ne pouvons espérer faire autant pour η_{k} puisque dans le cas qui nous intéresse ce qui se passe au fond du complexe joue un rôle essentiel, et que le rayon du complexe se trouve être mal défini.

Les équations (3) et (4) donnent alors

$$(4c)\qquad c_{\sigma\lambda}(t) = \alpha_{\sigma'} H_{\sigma'\sigma\lambda} \left\{ \frac{e^{\frac{2\pi i}{h}\left(E_{\sigma\lambda} - E_{\sigma'} + \frac{i\Gamma_{\sigma}}{4\pi}\right)t} - 1}{E_{\sigma\lambda} - E_{\sigma'} + ih\frac{\Gamma_{\sigma}}{4\pi}} - \eta_{\sigma'} \frac{e^{\frac{2\pi i}{h}\left[E_{\sigma\lambda} - E_{\sigma} + \frac{i(\Gamma_{\sigma} + \gamma_{\sigma})t}{4\pi}\right]} - 1}{E_{\sigma\lambda} - E_{\sigma} + ih\frac{\Gamma_{\sigma} + \gamma_{\sigma}}{4\pi}} \right\}.$$

Détermination de $\alpha_{\sigma'}$ et $(\Gamma_{\sigma} + \gamma_{\sigma})$. — Moyennant les définitions et les hypothèses que nous avons adoptées dans notre travail ([2]), nous pouvons effectuer cette détermination sans difficulté.

Nous supposerons d'abord que tous les électrons reviennent à leur état initial, ce que nous exprimerons par $(\sigma\lambda) = (\sigma o)$. On a alors

$$(5a)\qquad L_{\sigma} + \gamma_{\sigma} = \omega_{\sigma'\sigma 0}$$

[probabilité de transition par unité de temps de l'état (σ') à l'état (σo)].

$$(5b)\qquad \alpha_{\sigma'} = \frac{H_{\sigma'\sigma}}{E_{\sigma} - E_{\sigma'} - ih\frac{\gamma_{\sigma}}{4\pi}}.$$

Si maintenant nous tenons compte du fait que l'électron peut se trouver en fin d'interaction dans un état du spectre discret ou du spectre continu on aurait, au lieu de (5a),

$$\Gamma_{\sigma} + \gamma_{\sigma} = \sum_{i=0}^{n} \omega_{\sigma'\sigma i}.$$

Détermination de Γ_σ. — Comme nous n'avons supposé qu'un seul état intermédiaire pour chacun des électrons nous pouvons ici encore aboutir à

$$\Gamma_\sigma = \eta_{\sigma'} \omega_{\sigma\sigma'},$$

cela signifie que $\eta_{\sigma'} \omega_{\sigma\sigma'}$ contribue à réaliser des états excités réels qui sont responsables des phénomènes où il y a eu modification profonde de l'état de l'électron σ, tandis que $(1 - \eta_\sigma)\omega_{\sigma\sigma'}$ rend compte des phénomènes où l'électron σ n'a pas été « réellement » touché. Par exemple si tous les électrons n'ont pas été « réellement » touchés on assisterait au phénomène du scattering élastique.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La physique de l'Univers électromagnétique* ([1]). Note (*) de M. **Bernard Jouvet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Signification physique des changements de coordonnées de l'Univers électromagnétique ([1]) conduisant à un principe fondamental de relativité électromagnétique. Conséquences expérimentales.

Les fondements classiques de l'Électromagnétisme reposent sur la notion de force électromagnétique exercée sur un corps chargé. A partir de cette notion, on dégage les concepts de champ. Les développements de cette science ont établi les notions plus abstraites de potentiels électromagnétiques. La théorie quantique a permis de montrer que ces potentiels jouent réellement un rôle fondamental dans l'Électromagnétisme (expression de l'interaction entre champ e.m. et champ de matière, relations fondamentales de commutation, etc.). Parallèlement à cette simplification des bases théoriques de l'e.m., les lois et les concepts de la force de Lorentz, sont l'objet de difficultés essentielles en rapport avec le problème de la charge et des champs intenses.

Nous voulons montrer que, mis à part les phénomènes purement dynamiques, les mesures précises des grandeurs électriques macroscopiques peuvent toujours se faire sans utiliser la forme de la force de Lorentz. On sait que toute mesure précise des grandeurs e.m. (charge, courant, résistance, etc.) peut toujours se ramener à une comparaison à l'une de deux grandeurs principales convenablement choisies (V et I, ou I et R). Une seule grandeur suffit si l'on connaît le rapport c (vitesse de la lumière). Le choix d'un phénomène électrodynamique (loi de Coulomb) relie les grandeurs électriques aux grandeurs dynamiques d'une façon absolue, sans nécessiter la comparaison des étalons entre eux. Cependant les mesures sont encore cohérentes si l'on sait comparer entre eux des étalons même non absolus. Une étude systématique

---

(*) Séance du 31 mars 1952.

([1]) B. Jouvet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 819.

des méthodes de mesure montre que toutes les grandeurs e.m. peuvent toujours se mesurer par une différence de potentiel. Enfin, par les méthodes de zéro, on sait comparer les différences de potentiel avec une force électromotrice prise pour étalon, sans utiliser la forme de la force de Lorentz; celle-ci n'intervient pas non plus dans les conducteurs utilisés pour ces mesures, car les charges y sont au repos.

La mesure des potentiels et des champs dans le vide exige une étude particulière : faisant abstraction pour l'instant de l'invariance de jauge, et laissant de coté l'aspect quantique des mesures, la mesure du potentiel d'un champ statique peut se faire par exemple en amenant le potentiel d'une sphère conductrice S au potentiel V du point ou est son centre, de sorte que la force exercée sur elle est nulle; l'action des champs magnétiques sur de petits éléments conducteurs en mouvement déterminé, permet de trouver, à un vecteur constant près, la valeur du potentiel-vecteur par des mesures de différence de potentiels; les champs sont des grandeurs dérivées.

On peut finalement considérer que ces mesures consistent à se donner :

1° Une f. é. m. (par exemple d'une pile) prise pour étalon, qui permet de déterminer les unités de potentiel-vecteur et les échelles de mesure des potentiels;

2° Un corps conducteur de capacité infinie (la terre) au potentiel scalaire supposé constant et nul, par rapport auquel on mesure les potentiels : on détermine ainsi une origine des échelles de potentiels.

Cela revient à se donner la base d'un espace métrique à quatre dimensions, l'espace des potentiels. En général, à chaque point X de l'univers, correspond une base de cet espace dans laquelle un point A représente le champ au point X. L'ensemble des bases associées à chaque point X forme un « repère e. m. ». Faire un changement de jauge revient à choisir un nouveau repère d'un groupe particulier; cela importe peu si l'on prend soin de conserver le même repère au cours de toutes les mesures.

Envisageons alors le cas d'un champ électrostatique classique E; on peut le repérer par son potentiel $V_0(x)$ rapporté au potentiel de la Terre : Cette mesure consiste essentiellement à faire correspondre à chaque point x de l'espace un élément (ξ) d'une réalisation S de la gamme des potentiels possibles (série de piles étalonnées dont un pôle est à la terre), tel que $V_0(x) = V_0(\xi)$. Dans le repère propre au champ E, R_E, défini par l'étalon électrique et par les potentiels $V_0(\xi)$ pris comme potentiels origines aux points x, le champ E est nul : $V_E(x) = V_0(x) - V_0(\xi) = 0$. Le fait important de ce processus de mesures est qu'un champ $(E + E')$ mesuré dans R_E est égal à E' (Pr. de superposition).

Dans l'Univers électromagnétique nous devons considérer, d'après les formules (C. D.) [1], que la présence d'un champ peut modifier la mesure des

longueurs et des temps. Appelons repère d'U. E. de vide, R_0, le repère formé d'une part par les unités d'espace et de temps dans le vide de champ, avec une origine donnée, et d'autre part par les unités de potentiel et le potentiel de terre pris pour origine des potentiels. Soit alors H_0 un champ uniforme et constant dans un domaine, et mesuré dans R_0. Soit R_H le repère d'U. E. propre à H, constitué par les étalons L_H et T_H dans ce champ, et par la réalisation $V_0(\xi) = V_0(X_0)$, définissant l'origine du repère électrique, et pour l'unité de potentiel U_H [une pile étalon placée dans ce champ, mais dont un pôle est relié pour une mesure en X_H, au potentiel $V_0(\xi)$]. Soit alors H'_0 un autre champ mesuré dans R_0; composons alors les deux champs H_0 et H'_0 ce qui donne un champ $(H_0 \oplus H'_0)$. Les équations de l'U. E. indiquent que le champ H'_H défini par $(H_0 \oplus H'_0)$, mesuré dans R_H, est identique à H'_0 : $V'_H(X^0) = V'_0(X_0)$. Donc, dans l'espace déformé, dans sa métrique et par conséquent dans ses mesures, par la présence de H, le champ H' est comme s'il était seul dans le vide (principe de relativité électromagnétique). En particulier une onde lumineuse, considérée dans R_H, se propage avec la vitesse c, mais considérée dans R_0, la propagation est différente. Connaissant par les équations (C. D.), la loi qui permet de passer des mesures faites dans R_H aux mesures dans R_0, on peut alors montrer qu'un faisceau lumineux se propageant perpendiculairement et dans un champ électrique E, ou magnétique H, sur une longueur L_0, prend, par rapport à un faisceau synchrone soustrait au champ un retard de temps $dT = L_0 E^2/cb^2$ ou $L_0 H^2/cb^2$ en première approximation.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la représentation des équations d'ondes des corpuscules de spin* o *ou* $\hbar$. Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Introduction de deux projecteurs permettant de ramener les matrices introduites par M. Louis de Broglie en théorie du photon, soit à la représentation irréductible correspondant aux corpuscules de spin $\hbar$ (photons ou mésons vectoriels) soit à la représentation irréductible correspondant aux corpuscules de spin o (photons ou mésons pseudoscalaires).

La théorie du photon de M. Louis de Broglie [1] et la théorie générale du corpuscule de spin total maximum $\hbar$ introduisent pour les corpuscules de ce type une équation d'ondes de la forme

$$[p_\mu \Gamma^\mu + i m_0 c]\Phi = 0 \tag{1}$$

---

[1] *Une nouvelle conception de la lumière*, Paris, 1934. *Une nouvelle théorie de la lumière*, Hermann, Paris, 1940.

dans laquelle les matrices Γ^{μ} satisfont à la relation [2]

(2) $$\Gamma_{\mu}\Gamma_{\nu}\Gamma_{\rho}+\Gamma_{\rho}\Gamma_{\nu}\Gamma_{\mu}=\delta_{\mu\nu}\Gamma_{\rho}+\delta_{\rho\nu}\Gamma_{\mu} \quad (\mu,\nu,\rho=1,2,3,4)$$

et admettent notamment la représentation de rang 16 :

(3) $$(\Gamma_{\mu})_{i_1 l_1, i_2 l_2}=\frac{1}{2}\left[(\gamma_{\mu}^{(1)})_{i_1 l_1}\delta_{i_2 l_2}+\delta_{i_1 l_1}(\gamma_{\mu}^{(2)})_{i_2 l_2}\right] \quad (i_1, i_2, l_1, l_2=1,2,3,4)$$

construite au moyen de deux systèmes indépendants de quatre matrices de Dirac anticommutantes $\gamma_{\mu}^{(r)}\gamma_{\nu}^{(r)}+\gamma_{\nu}^{(r)}\gamma_{\mu}^{(r)}=\delta_{\mu\nu}^{(r)}$, $\gamma_{\mu}^{(r)}\gamma_{\nu}^{(s)}=\gamma_{\nu}^{(s)}\gamma_{\mu}^{(r)}$ $(r, s, =1, 2)$.

La représentation (3) des matrices Γ_{μ} est réductible de telle sorte que le système (1) avec ces Γ_{μ} se présente comme la réunion de trois systèmes linéaires irréductibles, l'un de rang 10 appelé système maxwellien en théorie du photon et système vectoriel en théorie du méson suivant la valeur attribuée à m_0, le second de rang 5 appelé système du photon non maxwellien ou système du photon pseudoscalaire et un troisième non évolutif exprimant qu'un invariant est nul. Cette réductibilité des matrices (3) empêche l'utilisation de cette représentation particulièrement commode des Γ_{μ} dans l'étude des processus comportant des interactions entre mésons soit vectoriels, soit pseudoscalaires et conduit à utiliser le système (2) complété par des relations caractérisant les représentations irréductibles [3]. Les calculs relatifs aux probabilités de réalisation de processus associés à des collisions entre corpuscules de spin 0 ou $\hbar$ sont alors très complexes.

Nous nous proposons ici de montrer que l'emploi de deux matrices de projection convenables isolant les représentations associées aux corpuscules soit vectoriels, soit pseudoscalaires permet d'utiliser la représentation (3) des matrices Γ_{μ} dans les calculs relatifs aux corpuscules de l'un ou l'autre type.

Les 16 fonctions d'ondes $\Phi_{i_1 i_2}$, solutions de (1) avec les Γ_{μ} de la représentation (3) peuvent être remplacées [4] par des combinaisons linéaires Φ^{A} telles que $\Phi_{i_1 i_2}=\Sigma_{A}\Phi^{A}(\gamma^{A}R^{-1})_{i_1 i_2}$, où les γ^{A} sont les 16 matrices hermitiennes déduites par combinaisons des matrices γ^{μ} ($\gamma^{A}=\gamma^{0}$ ou 1, γ^{μ}, $i\gamma^{[\mu\nu]}$, $i\gamma^{[\mu\nu\rho]}$, $\gamma^{[\mu\nu\rho\sigma]}$) et où R est une matrice unitaire et hermitienne telle que $R^{+}=-R=R^{*}$, $R\gamma^{\mu}R^{-1}=-\gamma_{\mu}^{+}$.

On montre alors que la représentation vectorielle ou maxwellienne est caractérisée par les 10 fonctions d'ondes tensorielles Φ^{μ}, $\Phi^{[\mu\nu]}$ correspondant aux matrices γ^{A_1} telles que $(\gamma^{A_1}R^{-1})^{+}=(\gamma^{A_1}R^{-1})$ et que la représentation non maxwellienne ou pseudoscalaire est caractérisée par les cinq fonctions $\Phi^{[\mu\nu\rho]}$, $\Phi^{[\mu\nu\rho\sigma]}$ correspondant aux matrices γ^{A_2} telles que $(\gamma^{A_2}R^{-1})^{+}=-(\gamma^{A_2}R^{-1})$. La troisième représentation donne seulement $\Phi^{0}=0$.

---

(2) G. Petiau, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 111; *Thèse*, Paris, 1936 et *Mém. Acad. Roy. Sc. Belgique*, 16, 1936.

(3) G. Petiau, *Revue Scientifique*, 83, 1945, p. 67-74.

(4) G. Petiau, *J. Phys.*, 10, 1939, p. 487 et *Disquisitiones Math. Phys.*, 6, 1947, p. 235.

Nous introduirons les projecteurs

$$(4)\qquad (\eta^{+})_{i_1l_1,\,i_2l_2}=\frac{1}{2}(\delta_{i_1l_1}\delta_{i_2l_2}+\delta_{i_1l_2}\delta_{i_2l_1}),\qquad (\eta^{-})_{i_1l_1,\,i_2l_2}=\frac{1}{2}(\delta_{i_1l_1}\delta_{i_2l_2}-\delta_{i_1l_2}\delta_{i_2l_1})$$

qui nous donnent

$$(5)\qquad \begin{cases} (\eta^{+})_{i_1l_1,\,i_2l_2}\Phi_{l_1l_2}=\frac{1}{2}\Sigma_{A}\Phi^{A}[(\gamma^{A}R^{-1})_{i_1i_2}+(\gamma^{A}R^{-1})_{i_2i_1}]=\Sigma_{A_1}\Phi^{A_1}(\gamma^{A_1}R^{-1})_{i_1i_2}, \\ (\eta^{-})_{i_1l_1,\,i_2l_2}\Phi_{l_1l_2}=\frac{1}{2}\Sigma_{A}\Phi^{A}[(\gamma^{A}R^{-1})_{i_1i_2}-(\gamma^{A}R^{-1})_{i_2i_1}]=\Sigma_{A_2}\Phi^{A_2}(\gamma^{A_2}R^{-1})_{i_1i_2}. \end{cases}$$

Ces projecteurs $\eta^{\pm}$ ont les propriétés remarquables suivantes : 1°

$$(6)\qquad (\eta^{\pm})^{2}=\eta^{\pm}.$$

2° Désignant par $\Gamma_{a,b}$ la matrice la plus générale du système des Γ_{μ} soit

$$\Gamma_{a,b}=\frac{1}{2}[(\gamma_a)_{i_1m_1}(\gamma_b)_{i_2m_2}+(\gamma_b)_{i_1m_1}(\gamma_a)_{i_2m_2}],$$

on a

$$(7)\qquad \eta^{\pm}\Gamma_{a,b}=\Gamma_{a,b}\eta^{\pm}.$$

Par suite, l'équation d'ondes du corpuscule de spin $\hbar$, photon maxwellien ou méson vectoriel s'écrira

$$(8)\qquad [p_{\mu}\beta^{\mu}+im_0c]\,\Phi_{i_1i_2}=0,$$

avec

$$(9)\qquad [\beta^{\mu}]_{i_1i_2,\,l_1l_2}=[\Gamma^{\mu}\eta^{+}]_{i_1i_2,\,l_1l_2}=\frac{1}{4}[(\gamma^{\mu})_{i_1l_1}\delta_{i_2l_2}+\delta_{i_1l_1}(\gamma^{\mu})_{i_2l_2}+(\gamma^{\mu})_{i_1l_2}\delta_{i_2l_1}+\delta_{i_1l_2}(\gamma^{\mu})_{i_2l_1}].$$

De même, l'équation d'ondes du corpuscule de spin 0, photon non maxwellien ou méson pseudoscalaire s'écrira sous la forme (8) avec

$$(10)\qquad (\beta^{\mu})_{i_1i_2,\,l_1l_2}=[\Gamma^{\mu}\eta^{-}]_{i_1i_2,\,l_1l_2}=\frac{1}{4}[(\gamma^{\mu})_{i_1l_1}\delta_{i_2l_2}+\delta_{i_1l_1}(\gamma^{\mu})_{i_2l_2}-(\gamma^{\mu})_{i_1l_2}\delta_{i_2l_1}-\delta_{i_1l_2}(\gamma^{\mu})_{i_2l_1}].$$

Les relations (6) et (7) nous montrent alors que toute combinaison des matrices β^{μ} peut se ramener à la même combinaison des Γ^{μ} de la représentation (3) multipliée par la matrice η^{+} ou η^{-} :

$$(11)\qquad \beta_{\mu}\beta_{\nu}\ldots\beta_{\lambda}=\Gamma_{\mu}\Gamma_{\nu}\ldots\Gamma_{\lambda}\eta^{\pm}.$$

Cette représentation permet notamment de ramener à un calcul simple l'évaluation des traces intervenant dans le calcul des processus de collisions.

En effet, toute matrice combinaison de Γ_{μ} se ramène à une somme de matrices $\Gamma_{a,b}$, et l'on voit immédiatement que

$$(12)\qquad \begin{aligned} \mathrm{Tr.}(\beta_{\mu}\beta_{\nu}\ldots\beta_{\lambda}) &= \mathrm{Tr.}(\Gamma_{\mu}\Gamma_{\nu}\ldots\Gamma_{\lambda}\eta^{\pm}) \\ &= \Sigma_{a,b}\,\mathrm{Tr.}\left[\frac{1}{2}[(\gamma_a)_{i_1l_1}(\gamma_b)_{i_2m_2}+(\gamma_b)_{i_1l_1}(\gamma_a)_{i_2l_2}][\eta^{\pm}]_{l_1m_1,\,l_2m_2}\right] \\ &= \Sigma_{a,b}\frac{1}{2}\Big[[\mathrm{Tr.}(\gamma_a)][\mathrm{Tr.}(\gamma_b)]\pm[\mathrm{Tr.}(\gamma_a\gamma_b)]\Big]. \end{aligned}$$

Dans un même calcul, on obtiendra facilement les expressions correspondant aux sections efficaces de collision pour un processus relatif soit à des mésons de spin $\hbar$ (signe +), soit à des mésons de spin zéro (signe —).

CHALEUR. — *Contribution à l'étude graphique des régimes thermiques variables.* Note de M. **Jean Jacq**, présentée par M. Georges Darrieus.

Une nouvelle méthode graphique exposée dans deux Notes [1] précédentes permet de prévoir les variations de températures dans une enceinte limitée par des parois d'un même type, puis de deux types différents et soumise à une source de chaleur donnée; cette Note démontre qu'il est aisé d'étendre la méthode au cas d'une enceinte limitée par un nombre quelconque de parois.

Soient S_1, S_2, ..., S_n les surfaces des différentes parois opaques constituant l'enceinte (parois extérieures et intérieures); $T_{pi_1}(t)$, $T_{pi_2}(t)$, ..., $T_{pi_n}(t)$ leurs températures faciales internes; $h_{i_1}(t)$, $h_{i_2}(t)$, ..., $h_{i_n}(t)$ leurs coefficients d'échanges calorifiques superficiels; S_{V_T} et $K_V(t)$ la surface totale des vitrages et leur coefficient de transmission global; $C_a V_{a_T}(t)$ la capacité calorifique totale de l'air renouvelé; S_{R_T} et $K_R(t)$ la surface totale des corps chauffants (radiateurs par exemple) et leur coefficient d'échange superficiel; $T_i(t)$ la température intérieure de l'air dans l'enceinte; $\tau'_R(t)$ une température fictive caractérisant la source calorique et généralisant celles que nous avons considérées par une et deux parois

$$\tau'_R(t) = \frac{T_R K_R S_{R_T} + T_e(K_V S_{V_T} + c_a V_{a_T})}{K_R S_{R_T} + K_V S_{V_T} + c_a V_{a_T}}. \tag{1}$$

Nous avons pu démontrer que cette température fictive $\tau'_R(t)$ offre à chaque instant une valeur commune pour toute l'enceinte, et qu'en particulier, on peut définir un facteur global unique de transmission superficielle entre l'air et les parois :

$$H_T(t) = K_R(t) S_{R_T} + K_V(t) S_{V_T} + c_a V_a(t) \tag{2}$$

qui se répartit entre les différentes parois opaques, proportionnellement à leur gradient propre de température, $(\partial T/\partial \xi)\,\xi = 0$ à l'instant considéré (le gradient, où $\xi = x/\lambda S$ introduit les surfaces S de chaque paroi).

La température réelle $T_i(t)$ de l'air qui résulte de l'influence de la source chauffante est évidemment une troisième grandeur, unique pour toute l'enceinte.

Nous avons pu démontrer qu'elle est liée à $\tau'_R(t)$ par la relation

$$T_i(t) = \frac{H_T(t)\,\tau'_R(t) + \Sigma_1^n S h T_p(t)}{H_T(t) + \Sigma_1^n S h(t)}, \tag{3}$$

---

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1292 et 2292.

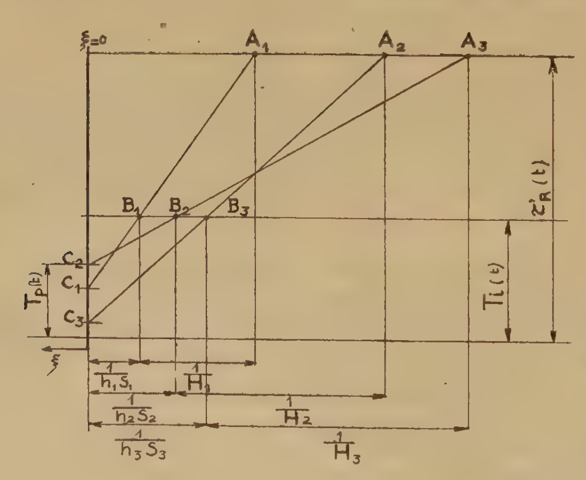
qui permet de la calculer ou de la déterminer avec un abaque auxiliaire. La connaissance à chaque instant de $\tau'_R(t)$, de $H_T(t)$ et de $T_i(t)$ permet d'expliciter le flux global dissipé dans l'enceinte

$$\lambda S \Sigma_1^n \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_{x=0} = \Sigma_1^n \left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi=0} = \frac{\tau'_R(t) - T_i(t)}{\frac{1}{H_T(t)}}.$$

La répartition de ce flux global entre les diverses parois, à un instant donné, s'obtiendra en construisant graphiquement leur gradient propre $\left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi=0}$: ce seront les pentes des droites obtenues, en joignant les points représentatifs des températures faciales internes des parois, $T_{p_i}(t-\Delta t)$, à ceux qui figurent la température de l'air, placés sur les plans d'abscisses $\frac{1}{Sh(t)}$ (*fig.*). Prolongées, ces droites couperont l'horizontale d'ordonnée $\tau'_R(t)$, en des pôles A situés à l'instant considéré sur les axes auxiliaires d'abscisses $\frac{1}{H(t)} + \frac{1}{Sh(t)}$ telles que :

$$\Sigma_1^n H(t) = H_T(t).$$

D'où la construction graphique. — A chaque instant $t-\Delta t$, on connaît la répartition des températures faciales pour toutes les parois de l'enceinte T_{p_1}, T_{p_2}, ..., T_{p_n}. On peut donc se fixer les valeurs pour chaque paroi, des coefficients d'échange superficiels h_{i_1}, h_{i_2}, ..., h_{i_n}. De plus $\tau'_R(t)$, $H_T(t)$ et les surfaces de chaque type de paroi étant donnés, (1) permet de calculer $T_i(t)$ à l'instant t.



Dans l'épure de chaque paroi, on place cette grandeur $T_i(t)$ sur le plan d'abscisses $(1/Sh)(t-\Delta t)$. Prolongées, les droites C_1B_1, C_2B_2, ..., C_nB_n couperont la ligne $\tau'_R(t)$ au temps t en des pôles A_1, A_2, ..., A_n, d'où l'on partira pour déterminer à l'instant t les nouvelles températures de parois T_{p_1}, T_{p_2}, ..., T_{p_n}, par la méthode de Binder et Schmidt généralisée par M. Nisolle Une fois connues ces nouvelles températures de paroi, on précisera s'il y a lieu,

les nouvelles valeurs de $Sh\,T_p$ à l'instant ultérieur t, résultant des nouvelles valeurs de T_p et de T_i. $\tau'_R(t+\Delta t)$ étant d'autre part calculé, on en déduit par (3) la température $T_i(t+\Delta t)$ de l'air à l'instant suivant.

Cette construction graphique se ramène en somme à deux directives essentielles :

1° Utiliser à chaque instant les données propres aux parois et aux sources chauffantes, afin de déterminer la température commune $T_i(t)$ de l'air.

2° Envisager chaque paroi isolément et étudier son comportement thermocinétique en fonction du flux qui lui est imparti. Pratiquement, les constructions se simplifient, en raison de la stabilisation progressive des flux.

Dans le cas d'une enceinte contenant des poutres, meubles, stocks, etc., il suffit de considérer que leurs parois sont baignées sur leur pourtour par l'air intérieur à l'enceinte, ainsi que l'a observé M. M. Véron. Lorsque l'enceinte contient des masses solides très divisées prenant à peu près uniformément la température instantanée de l'air, on peut comme dans la deuxième Note assimiler $\Sigma m C_m/\Delta t$ à Sh et $T_m(t)$ à la température T_i de l'air à l'instant antérieur.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les points de transition des cristaux d'oxyacétate de beryllium.* Note (*) de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Deux Notes précédentes ont déjà étudié la transition présentée vers 40° C par les cristaux d'oxyacétate de beryllium : $Be_4O(CH_3COO)_6$ ([1]). Cette substance a été de nouveau examinée dans un domaine de températures plus étendu et avec des méthodes plus sensibles.

1. On a d'abord utilisé un montage d'analyse thermique différentielle dérivé de celui qui a été indiqué par Perrier et Wolfers ([2]) et qui a donné ici toute satisfaction. En plus de la transition de 40° C, on en a trouvé deux autres, vers 75 et 125° C, aussi nettes que la première. Ces trois transitions ont le même caractère, ce qui semble indiquer qu'il s'agit dans tous les cas d'une anomalie de chaleur spécifique, sans chaleur latente.

A une température comprise entre 150 et 160° C, nous avons retrouvé la transformation polymorphique, déjà signalée par Watanabé et Saito ([3]) et qui met en jeu une forte chaleur latente.

Enfin, nous avons des indications, qui semblent indiscutables, d'une transition vers + 10° C mais beaucoup plus faible que les précédentes et qui

(*) Séance du 31 mars 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 106 et 226, 1948, p. 397.

([2]) *Soc. Fr. Phys. Rés. Com.*, n° 149, 1921, p. 5.

([3]) *Nat.*, 163, 1949, p. 225.

n'apparaît sur les courbes d'analyse thermique que pour des valeurs de la vitesse d'échauffement comprises entre les deux limites assez rapprochées.

2. L'étude de la dilatation des cristaux d'oxyacétate de beryllium a été faite sur des bâtonnets obtenus à la température ordinaire par compression de cristaux pulvérisés. Ces bâtonnets ont été, ou bien chauffés dans un dilatomètre à tige où ils plongeaient dans le mercure ou l'huile de paraffine; ou bien opposés à un barreau de chlorure de potassium dans le dilatomètre différentiel à enregistrement photographique de Chevenard.

On a trouvé, comme à 40° C, que les transitions de 75 et 125° C ne comportent pas de variations brusques de volume mais montrent un maximum accentué du coefficient de dilatation thermique.

La transformation polymorphique de 150° C se fait, par températures croissantes, avec une forte augmentation de volume.

Il y a aussi des indications d'une anomalie de dilatation vers 10° C, mais elle est proche de la limite de sensibilité des méthodes utilisées.

Les résultats relatifs aux transitions de 40, 75 et 125° C sont conformes à ceux qui ont été indiqués par Seki, Momotani et Chihara ([4]) sauf en ce qui concerne une autre anomalie de dilatation signalée par ces derniers à 32° C. A notre avis, cette anomalie n'existe pas mais, aux environs de cette température, le volume des cristaux commence à croître rapidement avant la transition de 40° C. D'ailleurs, il n'y a absolument aucun accident thermique aux environs de 32° C.

3. — L'oxyacétate de beryllium est une substance très peu conductrice de l'électricité. Nous n'avons pu mesurer sa conductivité qu'au-dessus de 120° C. Il ne peut donc être question de mettre en évidence les trois transitions de ce sel par des anomalies de conductivité électrique comme nous l'avons fait pour le nitrite et le nitrate de sodium par exemple ([5]). Mais la transformation polymorphique de 150° C apparaît très nettement sur la courbe $\text{Log}\,\sigma = f(1/\Theta)$, ($\sigma$, conductivité; Θ, température absolue) qui présente une légère discontinuité à la température de transformation et un changement de pente très net.

L'étude de la constante diélectrique aux différentes températures est en cours.

THERMODYNAMIQUE. — *A propos de la théorie thermodynamique générale de l'équation d'état.* Note ([*]) de M. **René Bergeon**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans un article récent ([1]) Foulkes établit la forme la plus générale des

([4]) *Nat.*, 163, 1949, p. 226.

([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 525.

([*]) Séance du 24 mars 1952.

([1]) *Physica*, 17, 1951, p. 943-952.

équations d'état calorifique

$$E = npv - g(p) \tag{1}$$

et thermique

$$v = \frac{T}{p}\varphi\left(\frac{p}{T^{n-1}}\right) - h(p); \tag{2}$$

(g, h et φ sont des fonctions arbitraires de leur argument et n une constante), en se basant sur des relations purement thermodynamiques exprimant les conditions d'équilibre : énergie interne E minimum et entropie S maximum. Utilisant les multiplicateurs de Lagrange, il écrit les conditions d'extremum

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_S + \lambda_1\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_S = 0, \tag{3}$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_E + \mu_1 T\lambda_1\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_E = 0. \tag{4}$$

De ces relations, on ne peut tirer rien de plus que

$$\lambda_1 = \frac{1}{p} \quad \text{et} \quad \mu_1 = -1. \tag{5}$$

Puis il écrit, de la même façon

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_S + \lambda\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_S = 0, \tag{6}$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_E - \mu T\lambda\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_E = 0 \tag{7}$$

relations analogues à (3) et (4). La température y figure toujours comme variable indépendante, mais c'est p cette fois qui sert de fonction devant varier simultanément avec E et S. Invoquant alors la généralité du raisonnement et l'analogie entre les deux systèmes (3-4) et (6-7), l'auteur fait de μ une constante comme l'était μ_1. Partant de cette hypothèse, on peut alors résoudre les équations aux dérivées partielles obtenues, aboutissant ainsi aux équations d'état (1) et (2), où la constante n est liée simplement à μ.

La forme d'équation d'état (2) conduit à un second coefficient du viriel de la forme

$$B(T) = bT^{-n} + b'$$

(b et b' sont des constantes) qui n'est conciliable avec les données expérimentales que dans une étendue très limitée de températures : ainsi aux températures élevées, un tel B(T) tendrait vers une valeur limite b', alors qu'en réalité, on sait que B(T) passe par un maximum.

Si maintenant l'on calcule λ et μ à l'aide des relations (6) et (7), on trouve que

$$\lambda = \frac{C_p}{C_v}\frac{1}{p}\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T \tag{9}$$

et, en posant $1/(\mu+1)=n+1$,

$$n+1=\frac{C_p}{p}\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p$$

J'ai calculé les valeurs de n pour un domaine étendu de densités et de températures dans le cas de l'azote, d'après les déterminations de Michels et de ses collaborateurs ([2]). Ces valeurs, consignées dans le tableau ci-dessous, montrent que n ne pourrait à la rigueur être admis constant que dans le cas des gaz peu

T °C. ρ (amagats)....	0.	40.	120.	400.	760.
—150..............	2,501	2,27	11,50	11,38	2,55
0..................	2,502	2,41	3,59	3,15	2,21
+150..............	2,526	2,41	2,41	2,59	1,83

imparfaits. Les plus gros écarts se manifestent au voisinage du point critique ($t_c=-147$ °C et $\rho_c=249$ amagats) comme on devait s'y attendre.

S'il ne convient pas de prendre $\mu=$ const., c'est parce que la variable volume spécifique joue un rôle privilégié vis-à-vis de l'énergie interne lorsqu'on la considère comme potentiel thermodynamique; aussi ce qui était vrai pour le système (3-4) ne l'est plus pour (6-7); on a vu en effet qu'en remplaçant v par p, passant ainsi du premier système au second, les quantités λ et μ font intervenir des grandeurs d'état calorifiques (C_p et C_v). On aurait $\mu=$ const. si, tout en remplaçant v par p, on avait en même temps remplacé E par l'enthalpie H qui joue vis-à-vis de p un rôle analogue à celui que joue E vis-à-vis de v (dans ce cas $\lambda_2=-1/v$; $\mu_2=-1$).

La circonstance $\mu_1=$ const. n'était donc que fortuite et il ne semble pas que la thermodynamique puisse à elle seule imposer à l'équation d'état des relations restrictives telles que (1) et (2).

OPTIQUE. — *Expériences et remarques sur la photophorèse.*

Note (*) de M. **Ouang Te-Tchao**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une théorie récente, Pierre Tauzin a démontré que la photophorèse est un effet radiométrique ([1]). D'après lui, la photophorèse positive observée pour les particules fortement absorbantes est liée au fait que la face frappée par la lumière est la plus chaude. La photophorèse négative se produit avec les particules faiblement absorbantes. C'est le côté opposé à la lumière qui devient le plus chaud; par un mécanisme d'interférences, il se produit une sorte de « balayage » vers ce côté d'une grande partie de

([2]) A. Michels, R. J. Lunbeck et G. J. Wolkers, *Physica*, 17, 1951, p. 801-816.

(*) Séance du 31 mars 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 493.

l'amplitude diffusée par les divers points de la particule. Enfin, la théorie prévoit l'attraction, par la lumière, de plaques homogènes minces d'épaisseur convenable, fonction de leur absorption, phénomène signalé par moi-même ([2]).

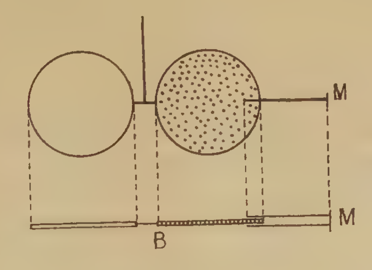
Étant donné que la question de l'origine de la force de photophorèse est encore controversée, il est essentiel de confronter cette théorie avec l'expérience. A cet effet, nous nous proposons de la vérifier en utilisant un appareil différentiel à pendule de torsion dont le détail est décrit dans une Note précédente ([2]).

Rappelons brièvement le dispositif de ce pendule. Il est composé d'une paire de palettes disposées symétriquement par rapport à l'axe de rotation. Chaque palette est constituée par deux disques identiques de mica, superposés l'un à l'autre. L'une des deux palettes est recouverte d'une couche de fumée constituant ainsi un sandwich mica-particules, tandis que l'autre est utilisée comme témoin. Dans le but de réduire les effets parasites au minimum, nous avons suspendu le pendule dans une enceinte où règne un vide poussé.

Des expériences antérieures effectuées par nous ont montré que, sous un vide de l'ordre de 5.10^{-6} mm de mercure, la palette en sandwich a toujours été attirée par la lumière.

S'agit-il encore d'un effet radiométrique comme prévoit la théorie ? Dans l'affirmative, il doit exister une différence de température entre les deux faces de la palette. Comme cette palette a dévié dans le sens opposé au faisceau lumineux, c'est que la face arrière est nécessairement la plus chaude.

Pour déceler la différence de température entre les deux faces, nous avons réalisé un dispositif sensible semblable à un dilatomètre de Chévenard en miniature.



Deux tiges de silice, de 28 μ de diamètre, 6,5 mm de longueur, sont collées sur les bords des deux faces de la palette et dans le prolongement de l'axe horizontal, comme le montre schématiquement la figure 1. A l'extré-

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1518.

mité de ces deux tiges est fixé un petit miroir M qui est perpendiculaire à leur plan. Ce miroir, de 0,5 mm², est obtenu par l'évaporation d'Al sous vide, sur une lamelle de microscope. Le spot, donné par une lampe survoltée, est projeté sur une échelle à 1 m de distance. Les deux disques de mica étant fixés en B ne peuvent être dilatés librement que suivant le sens BM. Si les dilatations transmises aux deux tiges ne sont pas égales, le petit miroir M dévie.

Le pendule étant maintenu immobile dans l'enceinte, nous avons éclairé la palette dans les mêmes conditions que lors des expériences antérieures. *La déviation du spot montre nettement que la face avant est plus chaude que la face arrière.*

Les actions subies par la palette pourraient-elles être d'origine électrostatique ? La palette en mica étant un bon isolant et la métallisation étant exclue sous peine de modifier complètement la nature de l'expérience, il est nécessaire d'étudier la déviation du spot en fonction de la charge électrique apportée sur la palette. A cet effet, nous avons remplacé le support de suspension en métal par un support isolant en plexiglass. Le pendule, rendu conducteur par pulvérisation cathodique, est chargé par influence en étant relié à l'une des armatures d'un condensateur étalon, de 30 u. e. s., dont l'autre armature est reliée à un potentiomètre. Pour des charges croissantes jusqu'à la valeur de 0,5 u. e. s., le spot est resté parfaitement immobile.

D'après ces expériences, il semble que la force de photophorèse négative soit de nature différente de celle des forces radiométriques ou électrostatiques. La théorie proposée par Pierre Tauzin, interprétant la photophorèse négative par un mécanisme d'interférences, ne semble pas applicable dans notre cas. Si la lumière diffusée se trouve en majeure partie vers la face de sortie, cette face sera plus chaude. Or, l'expérience confirme le contraire.

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Étude expérimentale de la variation de la limite de résolution en fonction de la cohérence de la lumière.* Note (*) de M. **Albert Arnulf**, Mlles **Odette Dupuy** et **Françoise Flamant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Un travail théorique récent de Hopkins [1] a fourni l'expression de la variation de la limite de résolution du microscope, lorsqu'on fait varier la cohérence de l'éclairage. Nous nous sommes proposé d'étudier les conditions dans

(*) Séance du 24 mars 1952.

(1) *The Scientific Journal of the Royal College of Science*, **20**; *Proc. Roy. Soc.*, A, **208**, 1951, by H. H. Hopkins Ph. D.

lesquelles ses résultats sont valables, ou cessent d'être valables lorsque l'intervention des défauts optiques de l'œil devient prédominante.

Méthode utilisée et dispositif expérimental. — La limite de résolution est donnée par la formule classique,

$$T = \frac{K\lambda}{2n \sin u}, \tag{1}$$

K étant un facteur numérique dont Hopkins donne les valeurs en fonction de la cohérence, λ la longueur d'onde, $\sin u$ l'ouverture numérique.

Nous avons montré d'autre part [2] que, s étant la limite de résolution de l'œil, ω le diamètre de sa pupille d'entrée, égal au diamètre de l'anneau oculaire de l'instrument (optiquement parfait), la limite T est donnée par :

$$T = \frac{s\omega}{2n \sin u}. \tag{2}$$

Identifiant (1) et (2) on a immédiatement

$$K = \frac{s\omega}{\lambda}. \tag{3}$$

L'expression (3) nous permet donc la détermination expérimentale de K à partir de mesures effectuées par l'œil plus ou moins diaphragmé, sans instrument.

Le dispositif expérimental a été décrit précédemment [3]. Le degré de cohérence est défini par le rapport S de la largeur de l'image géométrique de la source dans le plan de la pupille d'entrée de l'œil à la largeur de cette pupille.

S est lié au facteur de cohérence γ de Hopkins par la courbe du tableau ci-dessous :

S......	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	1,8
γ......	1	0,84	0,50	0,175	−0,035	−0,165	−0,185	−0,160

Résultats. — Nous avons montré [3], que l'aspect du phénomène de diffraction varie beaucoup avec l'inclinaison de l'éclairage. Il en est de même pour la limite de résolution que nous avons mesurée dans deux cas extrêmes.

1° Éclairage centré : le milieu de la frange centrale du système d'Young dû aux deux points passe par le centre de la pupille. Les mesures sont effectuées

---

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 52; *La vision dans les instruments*, édit. *Rev. Optique*, 1937.

(3) A. Arnulf, Mlles O. Dupuy et F. Flamant, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1273.

à éclairement rétinien constant. On retrouve la courbe d'Hopkins, décalée d'une quantité constante.

2° Éclairage excentré : le milieu de la première frange sombre d'Young passe par le centre de la pupille.

Pour les cohérences faibles, $S > 1$, les limites sont identiques aux précédentes. Lorsque S décroît au-dessous de 1, la valeur de K décroît très rapidement, en même temps que l'image s'assombrit de plus en plus.

3° La limite de résolution varie d'une manière périodique entre ces deux valeurs extrêmes, lorsque l'inclinaison de l'éclairage varie d'une manière continue. La valeur de cette limite n'a pas de sens, si cette inclinaison n'est pas définie avec précision.

4° Déjà pour un diamètre pupillaire de 1 mm, la courbe de K en éclairage centré est très différente de celle de Hopkins. Sensiblement constante pour $S > 0,5$, elle se relève brusquement quand S décroît au-dessous de cette valeur. En éclairage non centré la variation de la limite est analogue à celle obtenue pour les très petites pupilles.

5° Pour les pupilles naturelles (2 et 4 mm), la valeur de K est sensiblement constante en éclairage centré. En éclairage décentré il en est de même, sauf une chute rapide et peu importante lorsque $S < 0,2$.

6° Pour l'éclairage excentré, les fortes cohérences et les petites pupilles, il est tout à fait impossible de conserver constante l'intensité des images, qui devient extrêmement faible. Les valeurs indiquées sont en conséquence des limites supérieures de K.

Le tableau suivant permettra de comparer les valeurs expérimentales du coefficient K/2 en fonction du degré de cohérence S pour quatre diamètres pupillaires, en lumière centrée et excentrée, aux valeurs théoriques de Hopkins en lumière centrée.

	S.	0.	0,2.	0,4.	0,6.	0,8.	1,0.	1,4.	1,8.
Hopkins (centré)		0,82	0,80	0,75	0,70	0,65	0,61	0,57	0,605
$\omega = 0,16$ mm	centré	0,64	0,62	0,575	0,515	0,465	0,43	0,39	0,39
	excentré	0,10	0,10	0,115	0,14	0,17	0,32	0,39	0,39
$\omega = 1,0$ mm	centré	0,66	0,56	0,50	0,495	0,51	0,52	0,52	0,52
	excentré	0,13	0,13	0,15	0,31	0,50	0,52	0,52	0,52
$\omega = 2,0$ mm	centré	0,86	0,82	0,815	0,83	0,84	0,84	0,84	0,84
	excentré	0,82	0,83	0,88	0,865	0,85	0,84	0,84	0,84
$\omega = 4,0$ mm	centré	2,0	(valeur sensiblement constante pour toutes les valeurs de S)						
	excentré	1,7	1,94	2,0	ensuite valeur sensiblement constante				

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Variation thermique du pouvoir rotatoire magnétique des mélanges d'azote et d'oxygène liquides.* Note (*) de M. **François Gaume**, présentée par M. Jean Cabannes.

On observe des écarts importants par rapport à la loi d'additivité. Le pouvoir rotatoire magnétique spécifique calculé de l'oxygène dilué est plus important et varie plus vite en fonction de la température que celui de l'oxygène pur, en accord avec les résultats relatifs à la susceptibilité magnétique et à l'effet Cotton-Mouton de l'oxygène.

Ces mesures font suite à celles que nous avons effectuées récemment à Bellevue sur l'effet Faraday de l'oxygène liquide (1) et de l'azote liquide (2). La constante de Verdet, le pouvoir rotatoire magnétique spécifique et même la rotativité de l'oxygène liquide (substance paramagnétique) diminuent notablement lorsque la température augmente, alors que la rotativité reste à peu près indépendante de la température et de la densité pour une substance diamagnétique. D'autre part, plusieurs auteurs avaient montré que la biréfringence magnétique spécifique (3), (4) et la susceptibilité magnétique (5), (6) calculées de l'oxygène liquide augmentent, à température constante, lorsque l'oxygène est dilué dans un gaz liquéfié inerte et diamagnétique comme l'azote. Diverses interprétations de ces résultats avaient été proposées. Il paraissait donc intéressant, par comparaison, de mesurer la variation thermique de l'effet Faraday des mélanges d'azote et d'oxygène.

Le montage utilisé est le même que pour les mesures déjà mentionnées (1), (2). Les mélanges de titres connus sont préparés à partir d'azote et d'oxygène chimiquement purs. La température dans le cryostat est connue à moins de 0,1° près, en utilisant un thermomètre à tension de vapeur d'azote pur.

Les résultats obtenus montrent des écarts très nets par rapport à la loi d'additivité :

1° Les rotations observées sont notablement plus grandes que les valeurs calculées à partir des pouvoirs rotatoires magnétiques spécifiques de l'azote et de l'oxygène, en appliquant la loi d'additivité.

2° Le pouvoir rotatoire magnétique spécifique calculé de l'oxygène dilué dans l'azote augmente lorsque le titre en oxygène diminue. Malgré l'augmentation de l'erreur relative possible sur cette quantité lorsque le titre tend vers

---

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2304.

(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1445.

(3) P. Laîné, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1218 et 1594.

(4) P. Laîné, *Act. Sc. Industr.*, n° 324, Hermann et Cie, Paris, 1936.

(5) Albert Perrier et Kamerlingh Onnes, *Comm. Leiden*, n° 139 *d*, 1914.

(6) Lewis, *J. Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 2027.

zéro, il paraît possible de déterminer par extrapolation sa valeur approximative pour une dilution infinie.

3° La variation thermique du pouvoir rotatoire magnétique spécifique calculé de l'oxygène dilué dans l'azote devient plus rapide lorsque le titre en oxygène du mélange diminue.

Le tableau ci-dessous donne seulement quelques exemples, pris parmi les résultats obtenus pour divers mélanges et pour diverses températures exprimées en degrés K. Les densités sont calculées d'après les mesures de Mathias et Kamerlingh Onnes pour l'oxygène ([7]) et de Mathias, Kamerlingh Onnes et Crommelin ([8]) pour l'azote, en admettant, comme première approximation, que les mélanges d'azote et d'oxygène s'effectuent sans variation de volume. L'erreur possible est de l'ordre de deux ou trois unités du dernier chiffre significatif pour les valeurs de la constante de Verdet, mais la précision est sans doute moins bonne pour les autres quantités, en raison de l'hypothèse admise et des autres mesures qui interviennent.

Titre en oxygène du mélange (%).	Température (°K).	Constante de Verdet A du mélange (mn/gauss.cm).	Pouvoir rotatoire magnétique spécifique du mélange $[A] = \frac{A}{d}$.	Pouvoir rotatoire magnétique spécifique de l'oxygène dans le mélange.	Densité de l'oxygène dans le mélange.
100 (oxygène pur)	64	10^{-2}.0,941	10^{-2}.0,741	10^{-2}.0,741	1,268
	82	0,826	0,696	0,696	1,188
57,9	64	0,764	0,721	0,835	0,614
	82	0,667	0,683	0,768	0,566
40,9	64	0,682	0,686	0,863	0,407
	82	0,601	0,660	0,794	0,373
20,5	64	0,586	0,634	0,909	0,190
	82	0,522	0,618	0,820	0,173
16,5	64	0,566	0,620	0,909	0,151
7,9	64	0,524	0,591	0,92	0,070
	82	0,474	0,586	0,82	0,064
Valeurs limites correspondant à un titre infiniment faible en oxygène :					
0	64	0,487	0,563	0,93	0
	82	0,445	0,566	0,83	0

Cette augmentation du pouvoir rotatoire magnétique spécifique lorsque la densité de l'oxygène diminue à température constante (c'est-à-dire lorsque le champ moléculaire diminue) correspond tout à fait à ce qu'on observe dans des conditions analogues pour la biréfringence magnétique et pour la susceptibilité magnétique de l'oxygène.

([7]) *Comm. Leiden*, n° **117**, 1911.
([8]) *Comm. Leiden*, n° **145***c*, 1914.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur l'action d'ondes transversales de fréquence ultra-sonique dans les solutions de hauts polymères rigides.* Note (*) de M. **Roger Cerf**, présentée par M. Gustave Ribaud.

J'ai montré récemment que l'on pouvait expliquer avec tous ses détails le comportement d'une solution de macromolécules flexibles dans un écoulement laminaire périodique de haute fréquence (mesures de viscosité à haute fréquence) en assimilant ces molécules à des sphères élastiques ([1]). Je me propose de calculer le comportement de solutions de particules rigides et de montrer tout l'intérêt qu'il y aurait à effectuer des mesures sur de telles solutions.

Les particules sont assimilées à des ellipsoïdes de révolution rigides, d'allongement p, entourés de solvant continu. Le calcul est une extension de celui qui fournit la viscosité intrinsèque statique $[\eta]_0$ (à fréquence nulle) d'une solution d'ellipsoïdes ([2]). La quantité $[\eta]$ se présente comme la somme d'un terme macroscopique (rotation des ellipsoïdes dans le champ hydrodynamique) et d'un terme Brownien (diffusion anisotrope des axes de révolution des ellipsoïdes). En champ périodique le deuxième terme présente un déphasage, et la viscosité de la solution à la fréquence ω est par conséquent une quantité complexe.

I. *Solutions monodispersées d'ellipsoïdes.* — La viscosité complexe de la solution étant mise sous la forme $\eta^* = \eta/(1 + i\omega\tau)$, on a, η_0 étant la viscosité du solvant :

$$(1)\quad \begin{cases} [\eta]_{\text{réel}} = \dfrac{(\eta_{sp})_{\text{réel}}}{c} = \dfrac{\eta - \eta_0}{c\eta_0} = \text{A} + \dfrac{\text{B}}{1 + \omega^2\theta^2}, \\ [\tau] = \dfrac{\tau}{c} = \dfrac{\text{B}\theta}{1 + \omega^2\theta^2}. \end{cases}$$

A et B sont respectivement les composantes macroscopique et brownienne de la viscosité intrinsèque statique; c est la concentration en volume de la solution; $\theta = 1/6\,\text{D}$, D étant la constante de diffusion de rotation de l'ellipsoïde. Les expressions de A et B, qui sont connues pour p quelconque, sont particulièrement simples pour des ellipsoïdes de grand allongement ($p > 10$). On a dans ce cas :

$$(2)\quad \begin{cases} \text{A} = 1{,}6 + \dfrac{p^2}{15}\,\dfrac{1}{\text{Log}\,2p - \frac{3}{2}}, \\ \text{B} = \dfrac{p^2}{5}\,\dfrac{1}{\text{Log}\,2p - \frac{1}{2}}. \end{cases}$$

(*) Séance du 31 mars 1952.

([1]) R. Cerf, *Comptes rendus*, 223, 1951, p. 1099; *J. Chem. Phys.*, à paraître.

([2]) W. Kuhn et H. Kuhn, *Helv. Chim. Acta*, 38, 1945, p. 97.

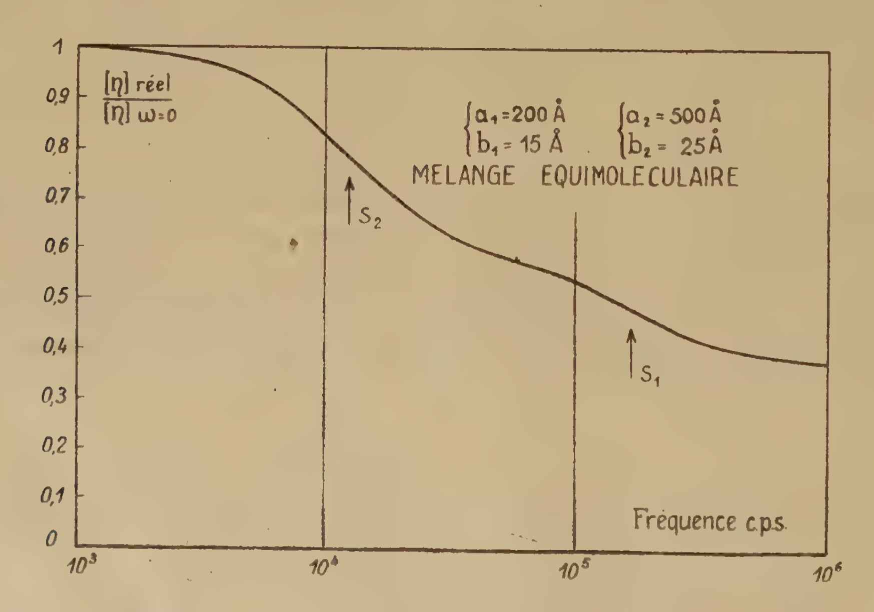
La viscosité intrinsèque réelle décroît de la valeur statique A + B pour $\omega = 0$ à la valeur A (terme macroscopique) pour ω infini.

La connaissance de la viscosité intrinsèque à fréquence zéro et à fréquence infinie fournit l'allongement p de la particule. La pente de la tangente d'inflexion de la courbe $\eta(\omega)$ fournit alors la constante de diffusion de rotation, donc le volume de la particule. Toutefois la technique du cristal de torsion, qui permet la mesure de la viscosité d'un liquide dans un écoulement périodique, n'est utilisable actuellement que dans le domaine de fréquence allant de 10^4 à 2.10^5 c/s. *L'utilisation simultanée des courbes* $\eta(\omega)$ *et* $\tau(\omega)$ (*pentes des tangentes d'inflexion*) *permet néanmoins la détermination de tous les éléments géométriques d'une grande variété de particules rigides.* Lorsque $\eta_0 = 0,01$, cela est possible pour des particules dont la longueur est comprise entre 150 et 500 Å.

2. *Solutions polydispersées.* — Pour un mélange de n composantes simples de concentrations partielles c_i, on a

$$(3)\quad \left\{\begin{aligned} [\eta]_{\text{réel}} &= \sum_{i=1}^{n} c_i [\eta_i]_{\text{réel}}, \\ [\tau] &= \sum_{i=1}^{n} c_i [\tau_i]. \end{aligned}\right.$$

L'identification d'une composante simple dans un mélange est particulièrement aisée dans ce type de mesures, du fait que les courbes élémentaires $\eta(\omega)$ et $\tau(\omega)$



présentent une longue partie rectiligne (tangente d'inflexion), que les courbes élémentaires sont souvent nettement séparées et enfin que les formules (3) représentent de simples additions. La figure ci-dessus montre la courbe

théorique $\eta(\omega)$ pour un mélange équimoléculaire de deux composantes (les longueurs a et les largeurs b des particules sont portées sur la figure). Les pentes des sections S_1 et S_2 de la courbe sont en relation simple avec les constantes de diffusion de rotation des composantes 1 et 2.

Ayant mesuré la viscosité intrinsèque à fréquence zéro d'un mélange de deux composantes 1 *et* 2, *il suffit de connaître les pentes des sections* S_1 *et* S_2 *des courbes* $\eta(\omega)$ *et* $\tau(\omega)$ *du mélange pour pouvoir déterminer toutes les caractéristiques géométriques des composantes* 1 *et* 2 *ainsi que leurs concentrations respectives.* Il n'existe à l'heure actuelle aucune autre technique en Physique macromoléculaire qui permette une telle analyse de mélanges.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la variation galactique des rayons cosmiques.* Note (*) de Mme **Alice Daudin** et M. **Jean Daudin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Avec G. Rochet et G. Carmouze nous avons continué depuis trois ans à enregistrer les gerbes d'Auger sur 5 m (2 bancs de 2 300 cm²) et sur 80 m (un troisième identique). La moitié des gerbes fait un angle inférieur à 18° avec la verticale; l'appareil vise donc pratiquement au zénith. En 1951 nous avons pu observer pendant 262 jours répartis sur toute l'année malgré les conditions du Pic et la radioactivité hivernale et obtenir 10^6 coïncidences sur 80 m.

La dérive de l'heure sidérale amortit sur une année les variations atmosphériques et les corrections mineures (tension des compteurs, pendule) que nous avons pourtant étudiées et qui ne dépassent pas 5 °/₀₀₀. 3 heures par jour sont perdues pour les contrôles, les pannes : aux heures manquantes ont été attribuées la valeur moyenne de la journée ce qui affaiblit toute variation.

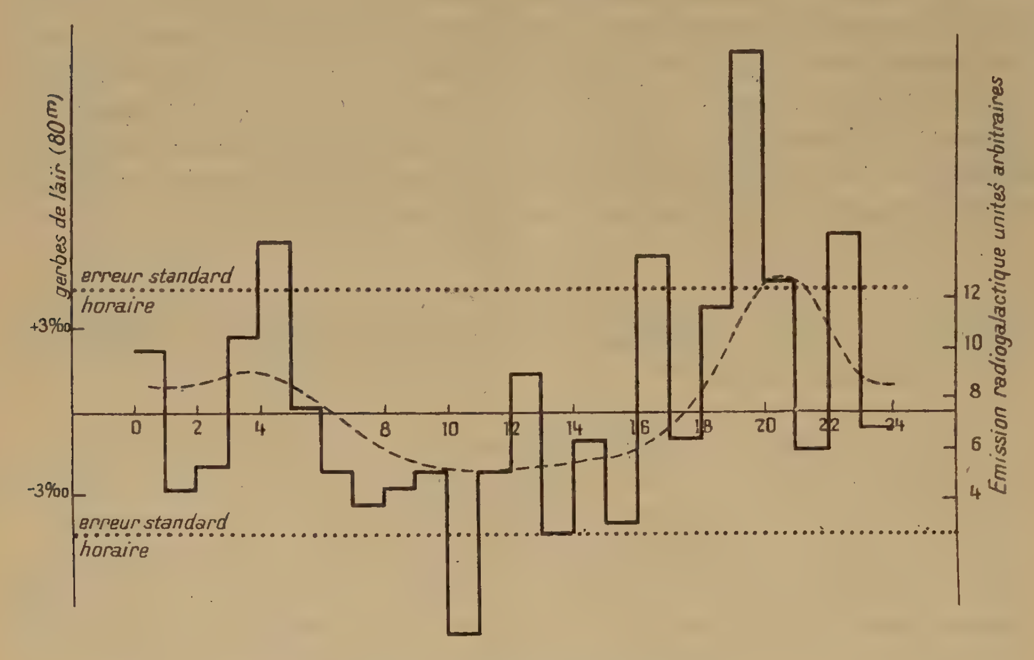
Durant le jour solaire, les gerbes d'Auger sont en opposition de phase parfaite avec la pression. Un coefficient barométrique normal de —10 % : cm de Hg rend compte des amplitudes à une approximation assez bonne 1 °/₀₀, le facteur atmosphérique essentiel est donc la pression. Les ondes diurne et semi-diurne sont de 2 à 3 °/₀₀.

Si l'on groupe les valeurs horaires suivant le temps sidéral, l'onde sur 5 m n'est pas significative, mais sur 80 m l'analyse de Fourier donne $3{,}9 \pm 1{,}3$ °/₀₀ avec maximum à 22 h (où le Cygne passe au zénith). La figure 1 permet de comparer avec la variation des bruits galactiques dans un demi-angle au zénith de 20° (Denisse) (1). La variation barométrique diurne n'est pas entièrement compensée en heures sidérales : il subsiste un résidu

(*) Séance du 24 mars 1952.

(1) Un enregistrement réalisé à Marcoussis, de M. Blum, donne les mêmes résultats.

de 0,07 mm avec minimum à 0 h 30. Si cette variation barométrique pseudosidérale est bien le principal effet atmosphérique, elle ne rend compte que de 0,7 ‰ contre 3,9 ‰ observés.



Variation des gerbes de l'air (80 m) suivant le temps sidéral. Courbe : variation du rayonnement radiogalactique suivant le temps sidéral.

Discussion. — Les gerbes d'Auger (80 m) semblent varier en temps sidéral plus qu'en temps solaire. Les autres auteurs ont étudié généralement le rayonnement global très sensible à bien d'autres facteurs « solaires » que la pression : leurs variations sidérales sont généralement (sauf chez Dupérier) très inférieures aux variations atmosphériques dont elles pourraient être un résidu.

Dolbear et Elliot trouvent le maximum vers 5 h (le Crabe) mais pour des appareils visant dans le plan équatorial terreste [2]. Pour Cheltenham à une latitude voisine de celle du Pic, l'onde sidérale a également son maximum à 21 h. Cocconi a récemment prouvé que la variation sidérale des rayons de 10^{12} eV était inférieure à 3 % [3]. Nos résultats ne sont en désaccord qu'avec ceux de Sekido et alias [4] (contredits par Cocconi) et avec ceux de Dupérier [5] pour l'amplitude mais non pour la phase.

---

(2) DOLBEAR et ELLIOTT, *Progress in Cosmic Rays*, Manchester, 1951.

(3) COCCONI, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 1193.

(4) SEKIDO et alias, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 658.

(5) *Nature*, 156, 1946, p. 196.

Conclusion. — Les gerbes de 80 m dont l'énergie actuelle est supérieure de 5.10^{12} eV ont des primaires de $\sim 10^{15}$ eV dont l'anisotropie galactique est inférieure à 1 %. Mais si l'amplitude est inférieure à celle observée par nous en été 1948 [6], il reste, bien que l'onde de Fourier de $3,2 \pm 1,3$ ‰ soit légèrement inférieure à trois fois l'erreur probable (critérium classique), que la similitude assez détaillée avec l'onde des bruits galactiques suggère une variation sidérale pour les primaires les plus énergiques dont l'origine serait donc galactique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dispositif expérimental permettant d'étudier la décharge d'anions électrolytiques par des ions gazeux.* Note (*) de MM. **Charles Eyraud** et **Pierre Gilly**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Depuis longtemps, les électrochimistes ont songé à remplacer, dans l'électrolyse de solutions aqueuses, l'une ou l'autre des deux électrodes métalliques par un gaz ionisé.

Cette substitution a permis récemment à M. P. Jolibois et ses collaborateurs [1], de jeter un jour nouveau sur le processus de décharge des ions solvatés. La même méthode s'est, jusqu'à présent, heurtée à de grosses difficultés dans ses efforts pour élucider les mécanismes d'oxydation se produisant aux électrodes gazeuses fonctionnant en anodes.

Le dispositif expérimental faisant l'objet de la présente Note permet de surmonter les difficultés rencontrées par nos prédécesseurs. La cellule électrolytique est reproduite sur la figure 1 et le circuit électrique schématisé par la figure 2. Une paroi de verre fritté sépare le compartiment cathodique C, dans lequel plonge une électrode en platine E, du compartiment anodique C'. Entre une plaque P et une grille G jouant le rôle de cathode, un générateur de courant continu à haute tension entretient une décharge de faible intensité (8 mA environ). Une partie seulement des ions positifs créés par cette décharge atteint, par diffusion depuis la région cathodique, la surface de l'électrolyte. Le courant des ions gazeux positifs qui viennent ainsi se décharger à l'interface gaz-liquide, et des électrons qui peuvent s'en échapper, est réglé par la valeur de la résistance r placée en série avec l'appareil indicateur du courant d'électrolyse fixé à environ 1 mA.

(6) Auger, Daudin et Denisse, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1116 et *J. Phys. Rad.*, **10**, 1949, p. 394.

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) Jolibois, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1469; *Bull. Soc. Chim.*, **5**, 1938, p. 1245; *Helv. Chem. Acta.*, **23**, 1940, p. 405; Jolibois et De Beco, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1496.

La chute de potentiel aux bornes de la résistance *r* étant, dans ce cas, sensiblement égale à la chute cathodique normale localisée maintenant à la grille G, le champ électrique au-dessus du liquide reste faible. Par cet artifice, on réalise une interface liquide-gaz équipotentielle, alors que

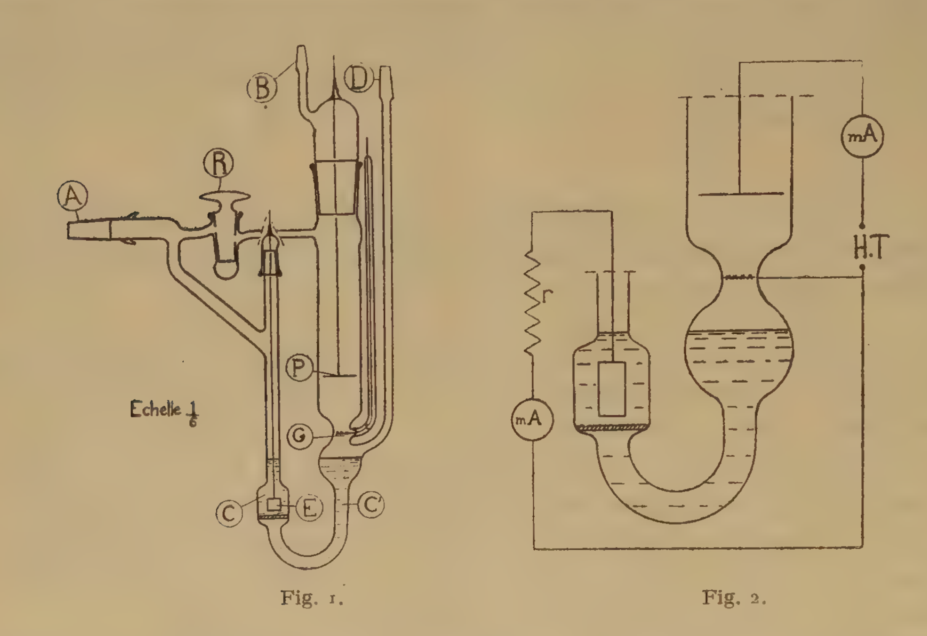


Fig. 1. Fig. 2.

lorsque l'on utilise directement l'électrolyte comme cathode d'un arc ou d'une étincelle, l'interface n'est plus équipotentielle, ce qui pourrait entraîner les inconvénients suivants : En raison de la forte densité de courant, associée au champ local très intense dans une tache cathodique contiguë à l'électrolyte, le liquide émet des électrons et reçoit des ions positifs dans cette région alors que, dans une zone voisine, il peut recevoir des électrons. La phase gazeuse jouerait ainsi à la fois le rôle de cathode et d'anode suivant la région considérée de l'interface gaz-liquide et le courant mesuré dans le circuit extérieur ne représenterait plus alors qu'une fraction du courant d'électrolyse.

Par les précautions que nous avons prises la surface du liquide est certainement équipotentielle et, d'autre part, l'échauffement de la masse du liquide et surtout de sa surface est absolument négligeable. Il est, en outre, possible de connaître la part qui revient à la phase liquide et à la phase gazeuse dans l'élaboration des produits trouvés à l'analyse. Il suffit, en effet, de réaliser deux essais successifs dans les mêmes conditions en supprimant, dans un cas, le courant d'électrolyse. La phase gazeuse contiguë à l'électrolyte n'étant jamais, dans notre dispositif, une zone à haute réactivité chimique comme c'est le cas pour une région de chute cathodique, sa participation à des phénomènes chimiques est certainement

négligeable. Un courant de gaz pur circulant de B en D sous pression réduite (0,7 mm environ) balaie le tube à décharge et la surface du liquide à un débit de quelques centaines de litres à l'heure, éliminant ainsi, de façon continue, les produits gazeux formés. Le compartiment cathodique C est réuni en A à une réserve de vide qui évite, lorsque le robinet R est fermé, tout effet important sur le niveau du liquide dans les deux branches du siphon quand l'hydrogène se dégage.

Nos premiers essais ont porté, comme ceux de Haber (²) et Klemenc (³), sur une solution d'acide sulfurique. Nous avons choisi le mélange eutectique à 38 % d'acide, qui permet de refroidir l'enceinte réactionnelle par immersion dans un cryostat à — 68 ± 0,5° C. La pression partielle de la vapeur d'eau est alors pratiquement négligeable.

Ce dispositif expérimental permet, après fonctionnement de 1 à 2 h, de doser la quantité d'oxygène peroxydique formé et, éventuellement, d'autres produits de réaction.

CHIMIE PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur le polyamide formé par polycondensation de l'acide octodécane diol*-9.10 *dioïque et de l'hexane diamine*-1.6. Note (*) de MM. **Kanji G. Ashar** et **Georges Champetier**, présentée par M. Louis Hackspill.

La variation de la viscosité intrinsèque du polyamide formé par polycondensation de l'acide octodécane diol-9.10 dioïque (acide phloïonique et de l'hexane diamine-1.6, en fonction de la durée de la polycondensation à 200°, met en évidence l'existence d'une réaction secondaire due à la formation de ponts entre les chaînes du polyamide. Le changement d'allure de la courbe permet de déceler le début de la formation de ces liaisons intermacromoléculaires.

Par chauffage prolongé, certains polyamides hydroxylés se comportent comme des substances thermodurcissables (¹). La présente Note a pour objet d'étudier la polycondensation de l'acide octodécane diol-9.10 dioïque (acide phloïonique) et de l'hexane diamine-1.6 qui est susceptible de donner lieu au même phénomène.

Le sel d'ammonium de l'acide phloïonique et de l'hexane diamine-1,6 (F 189-191°) a été obtenu en mélangeant, à chaud, des quantités équimoléculaires de ces deux corps dissous dans le méthanol. La polycondensation est ensuite réalisée sous la pression atmosphérique et en atmosphère d'azote en chauffant tout d'abord ce sel à 213-216° C pour le fondre rapidement, puis

(²) Haber et Klemenc, *Z. Elektrochem.*, 20, 1914, p. 485.

(³) Klemenc et Kantor, *Z. Physik. Chem.*, (B), 27, 1934, p. 359.

(*) Séance du 31 mars 1952.

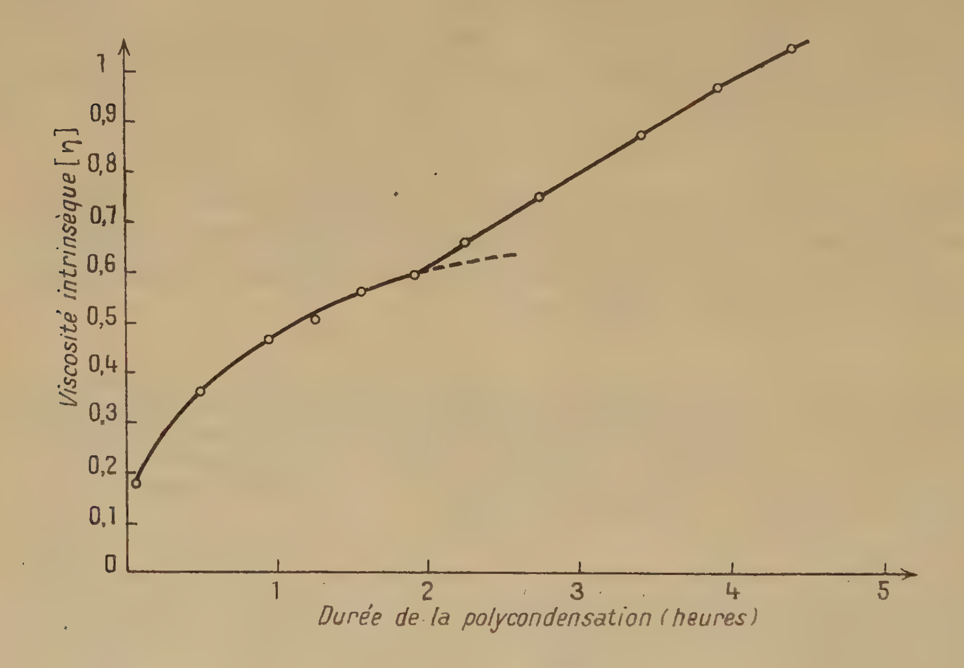
(¹) G. Beauvalet, *Ann. chim.*, 5, 1950, p. 513.

en maintenant la température à 200° ± 2° C en agitant mécaniquement tant que la fluidité du produit formé le permet. La réaction de polycondensation s'amorce dès le début de la fusion et s'accompagne d'un dégagement d'eau qui diminue progressivement au cours du temps. La viscosité du milieu réactionnel s'accroît rapidement par suite de la formation des macromolécules du polyamide du type

$$HO[-CO(CH_2)_7-CHOH-CHOH-(CH_2)_7-CO-NH-(CH_2)_6-NH]_nH$$

et le produit commence à se prendre en masse après 3 h de chauffage.

Des prélèvements, dont on a déterminé le point de fusion et mesuré la viscosité intrinsèque, ont été effectués à divers intervalles de temps au cours de la réaction.



Le point de fusion, après s'être abaissé de 189 à 162° pendant le temps nécessaire à la fusion de la masse, se relève ensuite lentement et prend peu à peu le caractère d'un point de ramollissement, qui se situe aux environs de 172-174° après 5 h de polycondensation, puis la masse devient progressivement infusible en une vingtaine d'heures.

Les mesures de viscosité intrinsèque ont été effectuées à la température de 29°, 79 ± 0,01, sur le polyamide dissous dans le métacrésol. L'augmentation de la viscosité intrinsèque, corrélative à l'accroissement de la masse moléculaire, est d'abord rapide, puis se ralentit progressivement durant les deux premières heures de polycondensation. A ce moment, la courbe représentant la variation de la viscosité en fonction du temps se relève nettement, au lieu de tendre vers une limite comme cela a lieu avec les polyamides normaux.

L'augmentation de viscosité intrinsèque se poursuit à une allure régulière jusqu'à l'apparition d'un « point de gel ».

Ce changement d'allure de la courbe conduit à admettre l'existence d'une réaction secondaire qui n'existe pas avec les polyamides normaux et que l'on peut attribuer à la formation de ponts intermoléculaires provoquant un accroissement rapide de la masse moléculaire du polyamide et son thermodurcissement.

Si l'on considère, d'autre part, que le point de fusion d'un polyamide formé par polycondensation d'un ω-diacide en C_{18} et de l'hexane diamine-1,6 devrait se situer aux environs de 177°, d'après l'indice de liaison hydrogène de ce corps ([2]), et que le point de fusion du polyamide dihydroxylé préparé avec l'acide phloïonique et la même diamine devrait être de l'ordre de 200° en tenant compte des interactions hydrogène supplémentaires dues aux hydroxyles ([1]), on peut conclure que la formation d'un produit thermodurcissable est vraisemblablement due à une réaction secondaire mettant en jeu les hydroxyles présents sur les chaînes polyamidiques formées dans le premier stade de la polycondensation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la dinitro 2.4 phénylhydrazine sur les alcools tertiaires α-acétyléniques.* Note (*) de MM. **René Heilmann** et **René Glénat**, présentée par M. Marcel Délépine.

Au cours d'une précédente étude sur des alcools tertiaires α-acétyléniques vrais ([1]), nous avions constaté que ceux-ci étaient susceptibles de réagir sur la D. H. (dinitro-2.4 phénylhydrazine) en donnant des composés cristallisés que nous nous sommes proposé d'identifier.

Certes, la D. H. agissant sur des carbinols β-γ-acétyléniques dérivant d'aldéhydes et de cétones aromatiques, fournit les D. N. P. H. (dinitro-2.4 phénylhydrazones) des cétones non saturées provenant du « réarrangement » de l'alcool traité (Meyer-Schuster, Rupe) mais, dans le cas des carbinols du même type purement aliphatiques, rien de semblable ne paraît avoir été constaté, même à chaud ([2]).

Tout récemment, Braude et Forbes ([3]) ont étudié l'action du réactif de Brady sur les alcools primaires ou secondaires contenant soit une ou plusieurs liaisons éthyléniques, soit un radical phényle conjugués avec la fonction alcool. Les composés obtenus, avec de faibles rendements, sont les D. N. P. H. des aldéhydes ou cétones provenant d'une oxydation des alcools traités, oxydation qui peut être comparée à la formation des osazones à partir des α-cétols.

([2]) G. Champetier et R. Aélion, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 683.

(*) Séance du 24 mars 1952.

([1]) R. Heilmann, R. Glénat, G. de Gaudemaris, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

([2]) Henbest, Jones, Walls, *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 2696.

([3]) *J. Chem. Soc.*, 1951, p. 1762.

Les alcools tertiaires α-acétyléniques vrais dont nous avons étudié le comportement, ont été préparés à partir de cétones saturées aliphatiques ou cyclaniques [1]. L'on peut envisager l'action de la D. H. sur ces alcools comme une réaction de « déshydratation-hydratation » due à l'acide sulfurique présent dans le réactif usuellement employé. Après plusieurs essais sur le méthyl-éthyl-éthynyl-carbinol, essais où seule variait la quantité d'acide, nous avons été amenés à utiliser un réactif ainsi préparé : 2 g de D. H. étant dissous dans 20 cm^3 d'acide sulfurique, on ajoute 25 cm^3 d'eau en refroidissant puis 50 cm^3 d'éthanol.

Les dialcoyl-éthynyl-carbinols en question (0,02 mol environ) ont été traités (1 h 30 à 6 h) par ce réactif. Les rendements observés sont inversement proportionnels à l'importance des radicaux alcoyles.

Les dérivés cristallisés obtenus (numérotés en chiffres romains) ont été identifiés, comme étant les D. N. P. H. des cétones α-β-éthyléniques correspondant à la transposition envisagée, par comparaison (points de fusion des mélanges, étude spectrophotométrique) avec les mêmes dérivés A, B, C, D, etc.) des cétones authentiques préparées spécialement à cet effet [4].

Le même réactif a été utilisé dans les deux cas et dans des conditions identiques; les recristallisations ont été effectuées dans un mélange acétate d'éthyle méthanol (1/1) sauf indications contraires.

Un spectrophotomètre Beckman, modèle D. U. a été utilisé pour mesurer l'absorption (longueur d'onde maximum : λ mμ et extinction moléculaire : $\varepsilon . 10^{-2}$) des dérivés en solution à $5 . 10^{-3}$ g:l. dans l'éthanol pur.

Méthyl-éthyl-éthynyl-carbinol : $CH_3CH_2C(OH)(CH_3)—C{\equiv}CH.(C_6H_{10}O)$. — Dérivé (I) : Rdt 70 % ; fins cristaux rouges F 194° (cor. 198°,5); λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon . 10^{-2}$: 260.

Méthyl-3 *pentène*-3 *one*-2 : $CH_3CH=C(CH_3)—CO—CH_3.(C_6H_{10}O)$. — D. N. P. H. (A) : même apparence que (I) F 194° (cor. 198°,5); λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon . 10^{-2}$: 260. *Mélange de* (I) *et* (A) : F 194°.

Diéthyl-éthynyl-carbinol : $(C_2H_5)_2C(OH)—C{\equiv}CH.(C_7H_{12}O)$. — Dérivé (II) : Rdt 50 %; longues aiguilles soyeuses jaune orangé F 154° (cor. 157°); λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon . 10^{-2}$: 260.

Éthyl-3 *pentène*-3 *one*-2 : $CH_3—CH=C(C_2H_5)—CO—CH_3.(C_7H_{12}O)$. — Stéréoisomère régénéré de la semicarbazone fondant à 201° [5] D. N. P. H. (B) : d'aspect identique à (II) F 154° (cor. 157°); λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon . 10^{-2}$: 265. *Mélange de* (II) *et* (B) : F 154°.

Méthyl-isobutyl-éthynyl-carbinol : $(CH_3)_2CHCH_2C(OH)(CH_3)—C{\equiv}CH$.

---

(4) Des détails expérimentaux complémentaires seront donnés dans un article ultérieur (*Bull. Soc. Chim.*).

(5) Locquin et Heilmann, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 105. Heilmann, *Thèse*, Lyon, 1928.

($C_8H_{14}O$). — Dérivé (III) : Rdt 50 % ; cristaux feutrés rouge brique F 158° (cor. 161°); λ_{max} 377 mμ; ε.10⁻² : 270.

Diméthyl-3-5 hexène-3 one-2 : $(CH_3)_2CHCH=C(CH_3)-CO-CH_3$.($C_8H_{14}O$). — D. N. P. H. (C) : même aspect que (III) F 158° (cor. 161°); λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon.10^{-2}$: 265. *Mélange de* (III) *et* (C) : F 158°.

ÉTHYNYL-1 CYCLOHEXANOL : $C_5H_{10}>C(OH)C\equiv CH$.($C_8H_{12}O$). — Dérivé (IV) : Rdt 30 % ; longues aiguilles jaune orangé recristallisées dans l'acétate d'éthyle F 199° (cor. 204°); λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon.10^{-2}$: 260.

Δ-1 acétylcyclohexène : $C_5H_9>C-CO-CH_3$.($C_8H_{12}O$). — D. N. P. H. (D) d'aspect semblable à (IV) F 199° (cor. 204°); λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon.10^{-2}$: 260. *Mélange de* (IV) *et* (D) : F 199° (selon Braude et Jones (6): F 207°; λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon.10^{-2}$: 240).

MÉTHYL N-HEXYL-ÉTHYL-CARBINOL : $CH_3(CH_2)_5C(OH)(CH_3)-C\equiv CH$.($C_{10}H_{18}O$). — Dérivé (V) : Rdt 20 % ; longues aiguilles jaune orangé recristallisées dans l'éthanol pur F 94°; λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon.10^{-2}$: 270.

Méthyl-3 nonène-3 one-2 : $CH_3(CH_2)_4CH=C(CH_3)-CO-CH_3$.($C_{10}H_{18}O$) (4). — Cétone non décrite dans la bibliographie à notre connaissance. n_D^{20} 1,4582; d_4^{20} 0,855; R. M. calculé 47,9; trouvé 48,7; semicarbazone F 149° (non cor.) D. N. P. H. (E) d'apparence identique à (V) F. 94°; λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon.10^{-2}$: 270. *Mélange de* (V) *et* (E) : F 94°.

En conclusion, la réaction à la D. H. pourrait être un moyen commode d'identification des alcools étudiés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydrogénation de quelques composés indoliques polycycliques*. Note de M. **Jean Le Men**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les alcaloïdes suivants (formule I) ont été soumis à la déshydrogénation au moyen du charbon palladié :

Yohimbine (ou québrachine)	: F 234°; $[\alpha]_D = +$ 54°	(alcool)
α-Yohimbine (ou corynanthidine)	: F 244°; $[\alpha]_D = -$ 28°	(alcool)
ψ-Yohimbine	: F 293°; $[\alpha]_D = +$ 27°	(pyridine)
Alloyohimbine	: F 104°; $[\alpha]_D = -$ 80°	(pyridine)
Corynanthine	: F 232°; $[\alpha]_D = -$ 125°	(alcool)

Toutes ces substances ont donné lieu à la formation de yobyrine ($C_{19}H_{16}N_2$) (VI).

Pour les quatre premiers alcaloïdes, le rendement est voisin de 50 % et aucun autre produit défini n'a pu être identifié dans le mélange réactionnel.

Dans le cas de la corynanthine, par contre, il a été possible d'isoler, à côté de la yobirine (rendement 20 %), un autre composé d'abord séparé sous forme

(6) Braude et Jones, *J. Chem. Soc.*, 1945, p. 498.

de picrate F 235°, de formule $C_{26}H_{21}O_7N_5$; (tr. : C 60.8 %; H 4.3 %; N 13,7 %; calc. : C 60,58 %; H 4,11 %; N 13,59 %) dont la base correspondante a été cristallisée dans l'éther de pétrole F 98°; $C_{20}H_{18}N_2$ (tr. : C 84,2 %; H 6.2 %; N 10.0 %; calc. : C 83.88 %; H 6.34 %; N 9.78 %) et le chlorhydrate dans l'alcool F 205°; $C_{20}H_{18}N_2HCl$ (tr. : C 74.1 %; H 6.1 %; Cl 10,7 %; calc : C 74,40 %; H 5,93 %; Cl 10,98 %.

(I) R = CH_3, (II) R = H, (III) R = C_2H_5

(IV), (V) Δ [illegible]

(VI)

Cette base nouvelle, pour laquelle nous proposons le nom de *Homoyobyrine*, comporte un seul atome de carbone de moins que la corynanthine de départ. Elle apparaît, du point de vue formule brute, comme un homologue supérieur de la yobyrine. La fluorescence bleue intense de ses solutions, la couleur jaune pâle de son chlorhydrate et son spectre ultraviolet, pratiquement superposable à celui de la yobyrine, semblent indiquer qu'il s'agit bien d'un dérivé de l'harmane.

Homoyobyrine.

	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
λ mμ....	224	238	275	290	303	346	352	360
log......	4,36	4,52	3,88	4,18	2,77	3,72	3,67	3,75

Yobyrine.

	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
λ mμ....	221	236	271	290	302	338	346	351
log ε.....	4,33	4,55	3,74	4,26	2,95	3,70	3,65	3,70

La déshydrogénation catalytique par le charbon palladié des acides yohimbique et corynanthique, formule (II) et de leurs esters éthyliques, formule (III); la yohimbéthyline et la corynanthéthyline ([1]), a conduit dans tous les cas à la seule yobyrine (VI) avec des rendements voisins de 50 %. Les dérivés de la corynanthine ne se sont pas, cette fois, singularisés de leurs isomères yohimbiques.

Par déshydrogénation catalytique l'apocorynanthol (V) et le désoxycorynanthol (ou yohimbane) (IV) ([1]) ont engendré quantitativement la yobyrine (VI) suivant les équations respectives.

$C_{19}H_{22}N_2 \rightarrow C_{19}H_{16}N_2 + 3H_2$ [volume dégagé 2,6 ($\pm$ 0,2) molécules],

$C_{19}H_{24}N_2 \rightarrow C_{19}H_{16}N_2 + 4H_2$ [volume dégagé 3,8 ($\pm$ 0,2) molécules].

En marge de ces alcaloïdes et produits dérivés, comportant tous le squelette pentacyclique de la yohimbine, nous avons déshydrogéné également le corynanthéane (VIII) et le dihydrocorynanthéane (IX), obtenus à partir de la corynanthéine (VII) ([2]). Ces deux produits ont conduit quantitativement à l'alstyrine (X) suivant les équations respectives.

$C_{19}H_{24}N_2 \rightarrow C_{19}H_{22}N_2 + H_2$ [volume dégagé 1 ($\pm$ 0,1) molécule]

$C_{19}H_{26}N_2 \rightarrow C_{19}H_{22}N_2 + 2H_2$ [volume dégagé 2 ($\pm$ 0,2) molécules]

(VII)

(IX), (VIII) Δ_{20-21}

(X)

([1]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. chim.*, 16, 1949, p. 509-515.

([2]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. chim.*, 18, 1951, p. 588-602.

Il apparaît donc nettement sur les exemples envisagés que, dans le cas des dérivés hydrogénés de l'indolo-cyclohexano-pyridocoline, c'est le cycle D qui s'ouvre, alors que c'est le cycle C qui subit une rupture dans le cas des dérivés hydrogénés de l'indolo-dialcoyl-pyridocoline.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la dihydrocorynanthéine.* Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Robert Goutarel**, présentée par M. Marcel Delépine.

La corynanthéine (I) peut être considérée [1], [2] comme un alcaloïde tétracyclique caractérisé par la présence, d'une part, d'un groupe ester méthylique α-éthylénique conjugué au groupe éther méthylique d'un aldéhyde sous sa forme énolique et, d'autre part, d'une chaîne vinyle. La présence de la chaîne vinyle avait été démontrée non par l'hydrogénation de la corynanthéine elle-même, mais par la fixation d'une molécule d'hydrogène sur deux de ses dérivés : le corynanthéal et le corynanthéane.

Karrer et Enslin [3] ont brièvement relaté qu'ils avaient essayé d'hydrogéner la corynanthéine en milieu alcoolique, mais que le volume de gaz fixé n'atteignait pas une molécule.

Nous avons pu réaliser la transformation de la corynanthéine en dihydrocorynanthéine (II) par hydrogénation catalytique en présence de palladium-carbonate de baryum.

A titre d'exemple : 653 mg de corynanthéine (forme β; F 169-171°) en solution dans 20 cm³ de méthanol sont hydrogénés en présence de 500 mg de catalyseur au palladium réduit sur CO_3Ba. En 10 mn l'absorption de H_2 est terminée (trouvé 39 cm³; calculé pour 1 H_2 : 39,7 cm³). On filtre et ajoute un égal volume d'eau, la dihydrocorynanthéine cristallise rapidement en paillettes blanches qui, pour analyse, sont recristallisées dans le méthanol dilué.

A 70° le produit se ramollit, se ressolidifie à 95° pour fondre à 103-104° (corrigé) $[\alpha]_D^{18°} + 30°$ (méthanol, $c = 0,93$).

La dihydrocorynanthéine, contrairement à la corynanthéine, ne donne pas de forme anhydre lorsqu'on essaie de la faire cristalliser dans l'alcool dilué à chaud (60-70°).

Trouvé % : produit séché à l'air : C 68,3; H 7,6; N 7,4; perte de poids à 70° 4,8 %. Calculé % pour $C_{22}H_{28}O_3N_2$, H_2O : C 68,3; H 7,3; N 7,2; perte de poids 4,66 %.

Trouvé % : produit séché à 90° sous 0,01 mm (fondu) : C 71,7-71,8;

---

(1) M.-M. Janot, R. Goutarel et V. Prelog, *Helv. Chim. Acta*, 34, 1951, p. 1207-1210.

(2) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. Chim.*, [5], 18, 1951, p. 588-602.

(3) *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1390-1402.

H 7,4-7,6; N 7,6; "H" 0,25 à froid 0,35 à chaud. OCH_3 : 14,3 %. Calculé % pour $C_{22}H_{28}O_3N_2$: C 71,7; H 7,7; N 7,6; "H" 0,27; 2 OCH_3 16,8.

Oxydation selon Kuhn-Roth. — Trouvé CH_3 3,76 %; calculé 4,08 %.

Chlorhydrate de dihydrocorynanthéine. — Il est préparé par addition de la quantité théorique de ClH sur la dihydrocorynanthéine en milieu méthanol-éther. F 211-213°, $[\alpha]_D + 43°$ (méthanol, $c = 1$).

Trouvé % : produit séché à 150° sous 0,005 mm : C 65,25; H 7,31; N 7,15. Calculé % pour $C_{22}H_{28}O_3N_2$, HCl : C 65,25; H 7,22; N 6,92.

La dihydrocorynanthéine conduit par saponification alcaline à un acide dihydrocorynanthéique, F 180°, $[\alpha]_D^{19} - 42°$ ($c = 0,95$ pyridine) qui, par traitement à l'acide chlorhydrique dilué, aboutit au dihydrocorynanthéal identique à celui préparé par hydrogénation directe du corynanthéal. Ce dihydrocorynanthéal réduit par la méthode de Wolff-Kishner donne le dihydrocorynanthéane identique à celui préparé antérieurement ([1]), ([2]).

L'oxydation de la dihydrocorynanthéine selon Kuhn-Roth révèle la présence de 1 CH_3, alors que la même oxydation conduit à un résultat nul sur la corynanthéine, ce qui démontre que le radical CH_3 vient de l'hydrogénation de la chaîne vinyle.

NH — CH=CH₂ — $H_3COOC-C=CHOCH_3$ (I)

$\xrightarrow[Pd/CO_3Ba]{H_2}$

NH — CH_2-CH_3 — $H_3COOC-C=CHOCH_3$ (II)

Le fait que le pouvoir rotatoire de (II) est pratiquement identique à celui de (I) (+ 30° ± 2°) montre que l'hydrogénation ne crée pas ni n'affecte dans la molécule un centre asymétrique, ce qui est aussi en faveur de la transformation d'un groupe vinyle et non d'une double liaison juxtanucléaire.

L'examen du spectre ultraviolet qui est semblable à celui de la corynanthéine, montre que ni le chromophore indolique λ 227 mμ, $\log\varepsilon = 4,64$; λ 280 mμ, $\log\varepsilon = 3.89$, ni celui absorbant à 250 mμ n'ont été modifiés, c'est-à-dire que seule la chaîne vinylée a été hydrogénée.

Le spectre infrarouge confirme ces résultats et montre notamment les deux bandes vers 6 μ caractéristiques de l'enchaînement

$$H_3COOC-C=C-OR.$$

Conclusion. — L'hydrogénation catalytique *directe* de la corynanthéine en présence de palladium, conduit à la dihydrocorynanthéine $C_{22}H_{28}O_3N_2$, H_2O. F 103-104°; $[\alpha]_D^{18} + 30°$ (méthanol), ce qui confirme la présence d'une chaîne vinyle dans la corynanthéine et sa structure tétracyclique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et transformation réciproque de dérivés* érythro *et* thréo *de la* β-p-*nitrophénylsérine.* I. *Mécanisme de formation du dérivé* érythro. Note de Mme **Irène Elphimoff-Felkin**, MM. **Hugh Felkin** et **Zoltan Welvart**, présentée par M. Marcel Delépine.

La formation de l'*érythro* N-(*p*-nitrobenzylidène) β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle, à partir de l'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque et du glycocollate d'éthyle d'une part, et à partir des deux β-*p*-nitrophénylsérinates d'éthyle diastéréoisomères d'autre part, se fait par un mécanisme analogue à celui de la réaction de Knœvenagel.

Il est connu que la condensation de l'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque (III) avec le glycocollate d'éthyle (IV) [1], [2], [3] conduit à la formation d'une base de Schiff (II). L'un de nous a montré récemment que celle-ci possède la configuration stérique *érythro* [4].

Nous avons constaté que cette base de Schiff *érythro* se forme également lorsqu'on traite par l'alcool chaud l'amino-ester *thréo* (I), suivant la réaction globale [5], [6] :

$$2\,\underset{\text{(I)}}{\mathrm{Ar{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}H}{-}\overset{\displaystyle NH_2}{\overset{|}{C}H}{-}COOC_2H_5}} \rightarrow \underset{\text{(II)}}{\mathrm{Ar{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}H}{-}\underset{\displaystyle N{=}CH{-}Ar}{\underset{|}{C}H}{-}COOC_2H_5}} + \underset{\text{(IV)}}{\mathrm{\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}H_2}{-}COOC_2H_5}} + H_2O$$

Cette transformation aisée d'un composé *thréo* en composé *érythro* comporte nécessairement la rupture d'une liaison C—C de la molécule d'amino-ester (I) avec formation d'une molécule d'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque et d'une molécule de glycocollate d'éthyle, la condensation de ces deux composés conduisant ensuite à la base de Schiff (II).

Nous avons étudié le mécanisme de cette condensation et nous avons établi l'exactitude de la supposition [3] suivant laquelle la réaction se fait par l'intermédiaire du N-(*p*-nitrobenzylidène) glycocollate d'éthyle (VI) qui réagit

(1) C. E. Dalgliesh, *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 90.

(2) E. D. Bergmann, M. Genas et H. Bendas, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 361.

(3) E. D. Bergmann, H. Bendas et W. Taub, *J. Chem. Soc.*, 1951, p. 2673.

(4) M. Kopp, H. Larramona et Z. Welvart, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 527. (Dans cette Note les deux dernières lignes du schéma réactionnel sont inversées). Ce travail a été confirmé par G. W. Mœrsch, M. C. Rebstock, A. C. Moore et D. P. Hylander, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 565. La conclusion (3) suivant laquelle ce composé posséderait la configuration *thréo* est erronée.

(5) Dans toutes les formules, Ar = p-NO_2—C_6H_4—.

(6) L'amino-ester *érythro* conduit également dans ces conditions à la base de Schiff (II).

ensuite avec une deuxième molécule d'aldéhyde pour former la base de Schiff (II) :

$$\underset{(III)}{Ar{-}CHO} + \underset{(IV)}{\begin{array}{l}CH_2{-}COOC_2H_5\\ |\\ NH_2\end{array}} \rightarrow \underset{(V)}{\begin{array}{l}CH_2{-}COOC_2H_5\\ |\\ NH{-}CHOH{-}Ar\end{array}}$$

$$\xrightarrow{-H_2O} \underset{(VI)}{\begin{array}{l}CH_2{-}COOC_2H_5\\ |\\ N{=}CH{-}Ar\end{array}} \xrightarrow{ArCHO} \underset{(II)}{\begin{array}{l}Ar{-}CH{-}CH{-}COOC_2H_5\\ \quad\;\; | \qquad |\\ \quad OH \;\; N{=}CH{-}Ar\end{array}}$$

Le N-(α-hydroxy *p*-nitrobenzyl) glycocollate d'éthyle (V), qui se forme intantanément lorsqu'on mélange l'aldéhyde (III) et le glycocollate (IV), est très instable et se transforme spontanément à l'air, par perte d'une molécule d'eau, en N-(*p*-nitrobenzylidène) glycocollate d'éthyle (VI). Celui-ci est identique au composé qui a été obtenu par action de (III) sur (IV) dans l'éther ([1]) ([7]) et qui n'est donc en réalité ni le diastéréoisomère *thréo* ([7]), ni un isomère (oxazolidine) ([3]) de la base de Schiff *érythro* (II). La transformation du composé (VI) en base de Schiff (II) par réaction avec une deuxième molécule d'aldéhyde (III) est du même type que la réaction de Knœvenagel; comme celle-ci cette transformation nécessite, contrairement à ce qui a été admis ([3]), la présence d'un catalyseur alcalin dont le rôle est de susciter la formation de l'anion (A). C'est ainsi que dans l'éther le composé (VI) n'a pas d'action immédiate sur l'aldéhyde (III); l'adjonction de triéthylamine déclenche la réaction qui conduit rapidement à la base de Schiff (II) :

$$\underset{(VI)}{\begin{array}{l}CH_2{-}COOC_2H_5 + (C_2H_5)_3N\\ |\\ N{=}CH{-}Ar\end{array}} \rightarrow \underset{(A)}{\left[\begin{array}{l}CH{-}COOC_2H_5\\ |\\ N{=}CH{-}Ar\end{array}\right]^-} + \underset{(B)}{(C_2H_5)_3\overset{+}{N}H}$$

$$\underset{(III)}{Ar{-}CHO} + \underset{(A)}{\left[\begin{array}{l}CH{-}COOC_2H_5\\ |\\ N{=}CH{-}Ar\end{array}\right]^-} \xrightarrow{+(B)} \underset{(II)}{\begin{array}{l}Ar{-}CH{-}CH{-}COOC_2H_5\\ \quad\;\; | \qquad |\\ \quad OH \;\; N{=}CH{-}Ar\end{array}} + (C_2H_5)_3N$$

Il est connu que les anions du type (A) sont fortement colorés ([8]), ce qui explique la coloration verte qui apparaît transitoirement lors de la préparation de (II), en milieu alcoolique ([2]) ([3]), à partir de (III) et de (IV). Dans ce cas, le rôle de catalyseur est joué par une partie du glycocollate employé. La transformation inattendue du composé (VI) en base de Schiff (II) par la seule

---

([7]) D. Billet et C. Marnay, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 961.

([8]) P. Karrer et R. Keller, *Helv. Chim. Acta*, 26, 1943, p. 50; P. Karrer et C. Christoffel, *Helv. Chim. Acta*, 27, 1944, p. 622.

action de l'alcool légèrement hydraté ([1]), ([7]), ([9]) montre que les réactions (III + IV ⇌ V ⇌ VI) sont réversibles, et que dans ces conditions le composé (VI) se trouve toujours en présence d'une base (IV), susceptible de le transformer en anion (A), et d'un composé (III) ou (V) avec lequel l'anion (A) réagit pour former la base de Schiff (II).

Partie expérimentale. — Un mélange équimoléculaire de (III) et de (IV) est trituré pendant quelques instants; il se prend en masse. Le *N-(α-hydroxy* p-*nitrobenzyl) glycocollate d'éthyle* (V), cristallisé dans l'éther, fond à 64-65°. Calculé pour $C_{11}H_{14}O_5N_2$, PM 254; trouvé PM 255 ($HClO_4$ dans CH_3COOH). Le *N-(*p-*nitrobenzylidène) glycocollate d'éthyle* est obtenu en faisant agir 1.1 mol de (III) sur 1,0 mol de (IV) dans l'éther (48 h). Après cristallisation dans l'alcool absolu et dans l'éther, il fond à 87°. Calculé pour $C_{11}H_{12}O_4N_2$, PM 236; trouvé, PM 239 ($HClO_4$ dans CH_3COOH), PM 240 (cryoscopie dans C_6H_6). L'action de HCl alcoolique à froid sur ces composés conduit à l'aldéhyde (III) et au chlorhydrate de (IV) (F 145°).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Dépôts superficiels et relief du sol au Dahomey septentrional.* Note (*) de M. **Jean Dresch**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

La pénéplaine dahomeyenne est en voie d'exhumation sous une couverture de grès argileux protégés par une carapace et comparables aux grès de Gaya, postéocènes. Les inselberge sont des reliefs fossiles et le réseau hydrographique actuel est surimposé.

Le Dahomey central et septentrional est une immense pénéplaine cristalline qui s'élève d'environ 150 m au pied de la cuesta tertiaire au Sud, à plus de 400 aux environs de Djougou pour s'incliner vers le Niger. Des inselberge la dominent brutalement, rochers et pitons isolés ou groupés en longues crêtes allongées; le seul relief résiduel de quelque ampleur est la « chaîne » de quartzites de l'Atacora.

A l'exception de la série crétacée-tertiaire du Sud (série de la Lama et terre de barre), des grès de Kandi, ou, localement, de Gaya, au Nord-Est, considérés par B. Pougnet, les uns comme représentant le Continental intercalaire pré-turonien, les autres comme post-éocènes, les seules formations de couverture sont des arènes ou des argiles peu épaisses.

Les inselberge, dispersés sur la pénéplaine, sont le plus souvent dénudés. Parfois les pentes sont partiellement recouvertes sur 1,50 à 2 m d'argile rubéfiée, mêlée à des cailloutis provenant de la desquamation et de la

([9]) Pour des raisons évidentes, la transformation n'a pas lieu dans l'alcool absolu.

(*) Séance du 24 mars 1952.

décomposition sur place. La formation et la conservation de ces dépôts de pente est favorisée par la couverture végétale (collines de Savalou). Ils reposent sur la roche saine, souvent sans zone de passage. L'Atacora est un plateau complexe, caractérisé au Sud par trois surfaces d'aplanissement. La plus haute ne porte aucun relief résiduel et s'abaisse doucement de plus de 600 au Sud-Ouest et au-dessus de Kouandé, à moins de 500 au-dessus de Firou à l'Est et de Batia à l'Ouest. Elle n'est pas conservée plus au Nord. Les deux autres sont emboîtées, la plus basse n'étant qu'un prolongement de la pénéplaine dahomeyenne le long de la Pendjari et de ses affluents. Chacune a été fossilisée sous une couverture détritique de grès très fins, blancs recouverts de grès plus grossiers rubéfiés et protégés en surface par une carapace ferrugineuse, généralement désagrégée en blocs ou gravillons. Elle ne semble jamais dépasser 10 m d'épaisseur. Sous la couverture, la roche en place n'est altérée que là où affleurent des schistes entre les bancs de quartzites. Les coupes, surtout le long des rivières, montrent souvent une cuirasse conglomératique au contact des grès et de la roche en place.

Quand on s'écarte de l'Atacora, dans la plaine, la roche apparaît souvent altérée. Dans la mesure où sa décomposition donne de l'argile, une zonation s'observe, variable selon les conditions locales. Mais souvent aussi les formations superficielles reposent sur la roche saine. Au Nord d'une ligne approximative Bassila-Parakou, la pénéplaine dahomeyenne est accidentée par des buttes dont la surface horizontale domine en corniche un talus. Leur composition est la suivante : à la base, une argile blanche à gros grains de quartz ou parfois une cuirasse; au-dessus une argile rubéfiée contenant des cristaux divers selon les lieux, notamment de muscovite, et toujours de quartz, très nombreux, luisants et émoussés une carapace superficielle enfin, toujours très chargée de cailloux de quartz, également luisants et émoussés au point d'avoir l'aspect d'un vrai poudingue d'origine fluviatile. La série ne dépasse pas 30 m d'épaisseur, la carapace a de 1 à 3 m, exceptionnellement 8 à 10 m (Kandi). Ces buttes sont fréquentes surtout dans la région de Djougou comme l'avait signalé déjà H. Hubert, centre de dispersion des eaux vers le Niger, l'Oti, l'Ouémé.

Ces observations paraissent autoriser les conclusions suivantes : La grande pénéplaine dahomeyenne résulte de l'exhumation d'une pénéplaine crétacée complexe fossilisée par les grès de Kandi au Nord la formation de la Lama au Sud. Elle portait déjà des inselberge (prolongements septentrionaux de la crête de quartzistes de Bimbéréké dans les grès de Kandi, inselberge dans la terre de barre). Mais la pénéplaine dahomeyenne actuelle est la pénéplaine crétacée retouchée. Les grès de Kandi, comme la couverture du Bas Dahomey, sont en effet affectés par de larges ondulations qui ont dû provoquer la dénudation du socle et la formation d'une nouvelle

surface. Elle a été à son tour fossilisée par une formation d'épandage, étalée sous un climat sec qui a enseveli entièrement ou partiellement les inselberge. Les témoins de cette formation sont en contrebas de l'escarpement des grès de Kandi mais les surmontent vers le Niger. On peut, semble-t-il, la rapprocher des grès argileux de Gaya, de faciès et d'épaisseur comparables, et couverts eux aussi par une carapace ferrugineuse. Elle serait donc postéocène et la pénéplaine retouchée serait comparable à la pénéplaine miocène ou mi-tertiaire. Protégée par la carapace moins épaisse ou absente au Sud où les deux saisons sèches sont plus courtes elle est conservée surtout dans une zone de surélévation résultant probablement de mouvements qui ont déterminé l'orientation de l'écoulement actuel.

Elle est en effet partout en cours de dissection. Celle-ci commence par la désagrégation de la carapace, fait général en Afrique occidentale où les carapaces se désagrègent d'autant plus vite que la végétation est plus dégradée. Les grès et argiles sont vite entrainés. La décomposition chimique peut alors attaquer le socle dénudé, des concrétions ferrugineuses pouvant apparaître très rapidement dans les argiles sans que se soit formée ou se forme actuellement une nouvelle carapace superficielle.

Les inselberge sont antérieurs soit aux grès de Kandi ou aux séries du Bas Dahomey, soit à la couverture détritique qui a fossilisé une deuxième fois la pénéplaine. La base de l'inselberg de Tebou par exemple au Nord de Djougou, est en cours de dégagement. Il est entouré par une sorte de dépression périphérique, comme la plupart des massifs résiduels de la Haute Volta. Aussi n'existe-t-il aucune relation entre les inselberge et le réseau hydrographique actuel surimposé. La gorge de la Mekrou qui traverse les quartzites de l'Atacora là où la surface moyenne seule (crétacée?) est conservée est particulièrement remarquable. Mais les autres rivières, tout en établissant de préférence leurs cours sur les roches les plus rapidement décomposées (migmatites de l'Alibory et de l'Ouémé) passent des granites aux gneiss de composition variable pourtant alignés sensiblement Nord-Sud comme les rivières elles-mêmes.

GÉOPHYSIQUE — *Influence de l'heure locale dans les perturbations ionosphériques.* Note (*) de Mlle **Jeanne-Marie Ardillon**, présentée par M. Pierre Lejay.

On sait qu'au cours d'un orage ionosphérique, les fréquences critiques à la verticale de la couche F2 subissent de grandes variations et, assez généralement dans nos régions de latitude moyenne, une baisse importante.

(*) Séance du 24 mars 1952.

Nous avons été conduite à étudier la variation de l'amplitude des perturbations *en fonction de l'heure locale.*

Nous avons d'abord recherché systématiquement les heures de début des chutes de fréquence critique à la verticale à Poitiers et à Washington sur une période de deux ans (1949-1950). Ces chutes se produisent toujours, à Poitiers entre 18 et 24 h et autour de 6 h, et à Washington en très grande majorité entre 22 et 6 h. *Aucune chute ne se produit de jour (fig. 1).*

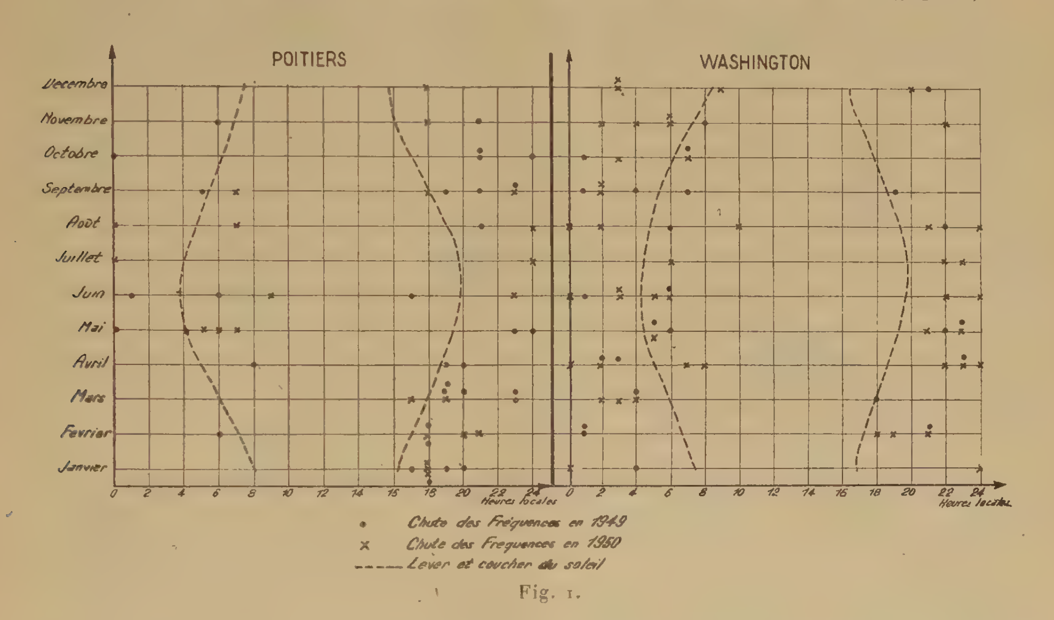


Fig. 1.

Ce résultat est à rapprocher de la constatation faite, en particulier par J. Rothé, des *brusques* variations magnétiques se produisant « presque toujours » vers 6 h et 20 h [1].

Nous avons ensuite comparé la variation diurne des fréquences critiques à la verticale de la couche F2 des jours calmes à celle des jours perturbés. Nous avons calculé, à cet effet, pour chaque heure du jour, la moyenne des fréquences critiques des cinq jours les plus calmes du mois et celle des jours les plus agités, puis la différence de ces moyennes. Il a été tenu compte, dans le choix des jours, du caractère magnétique C et du caractère ionosphérique publié dans le bulletin du C. R. P. L. (Ionospheric Data) Le même travail a été fait sur les hauteurs virtuelles.

On constate :

a. Une variation diurne de l'amplitude de la perturbation ionosphérique. — Deux minima à 6 et à 18 h encadrent un maximum très net dans la journée (*fig.* 2 A et B). Ces minima ne sont pas explicables par la faible valeur

---

(1) J. Rothé, *Année polaire internationale* 1932-1933, I, p. 42.

absolue de la fréquence critique à ces heures car, s'il est vrai qu'à 6 h les fréquences critiques sont en général très basses, il n'en est pas de même à 18 h. D'autre part, les mêmes minima se retrouvent sur les courbes des variations relatives $\Delta f/f$.

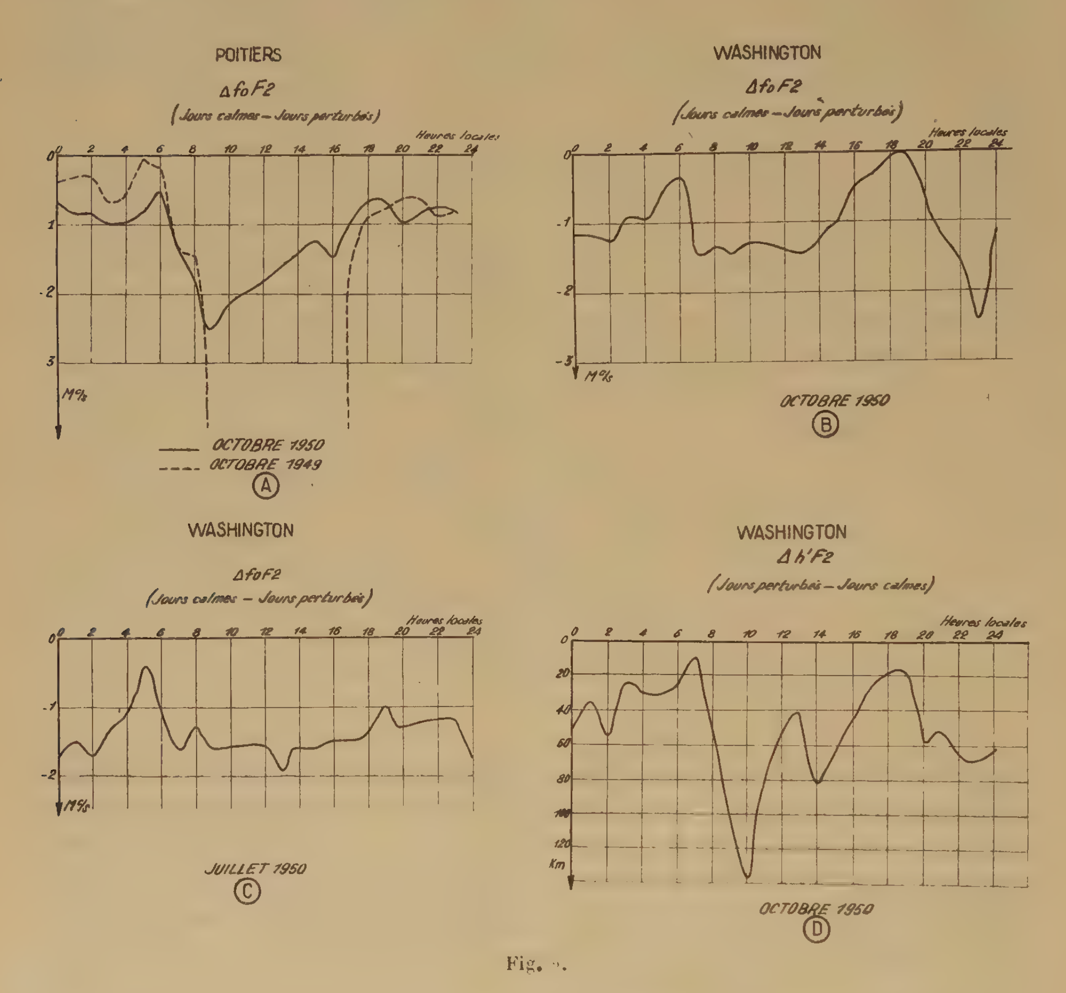


Fig. 2.

La courbe des variations diurnes des différences de hauteur a la même allure que la courbe des variations diurnes des différences de fréquence critique (²). Elle est, comme on pouvait s'y attendre, inversée, les hauteurs augmentant quand les fréquences s'abaissent (*fig.* 2 D).

b. La variation diurne de l'amplitude de la perturbation subit une influence saisonnière. — La variation diurne de l'amplitude de la perturbation est

(²) Ces résultats confirment et précisent les résultats obtenus par D. F. Martyn qui a utilisé un procédé analogue. (*Compte rendu de la réunion de l'U. R. S. I.*, Bruxelles, 1950, *Magnetic storms and Auroræ Solar particles at the earth*, p. 49).

plus accentuée aux époques d'équinoxe que dans les autres mois; par exemple : Washington octobre 1950 et juillet 1950 (*fig.* 2 C).

Remarquons que la méthode utilisée pour établir les résultats *a* et *b* a donné des résultats parallèles dans l'étude des variations du magnétisme terrestre (³).

MÉTÉOROLOGIE. — *Recherches sur les précipitations atmosphériques à l'échelle du globe.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Charles Maurain.

Il semble que la pluviosité, vue à l'échelle du globe, varie d'une année à l'autre.

I. Nous avons montré que la pollution radioactive de l'air d'origine « atomique » à moyenne altitude, en France, diminuait, en moyenne, de 1946 à 1951 (¹). Ce fait a été attribué à l'augmentation de la pluviosité dans la région où l'on effectue les mesures. Les derniers vols expérimentaux et essais au sol, (21 janvier, 10, 11 et 18 mars 1952; 2500 à 5300 m d'altitude : avion-laboratoire du S. A. L. S.; 1500 m : sommet du Puy-de-Dôme), montre encore une diminution de cette pollution.

II. Il nous a paru utile de rechercher quelque indication sur la pluviosité vue à l'échelle du globe, au moyen des données climatiques dont il est possible de disposer aujourd'hui (²).

Ces données sont encore très restreintes; pour diverses stations, on connaît le coefficient quintile, mensuel. Le chiffre 0 correspond à l'absence de précipitation; 6, à une précipitation plus abondante qu'au cours d'aucune année de la période de 30 ans pour le mois considéré; 1, à 20 % ou moins, d'années, dans cette période, où la hauteur de précipitation est inférieure à la hauteur mesurée; 2, à 20 à 40 % et ainsi de suite jusqu'à 5, correspondant à 80 à 100 %.

Ce coefficient permet d'apprécier ce que serait le quintile mensuel pour la région entière : on peut admettre qu'il est de l'ordre de grandeur de la moyenne des quintiles mensuels des stations de cette région. Ensuite, on peut admettre également que la moyenne des quintiles mensuels ainsi déterminés, pour toutes les régions dont on a les données, fournit un ordre de grandeur du quintile mensuel du globe. Enfin, la moyenne de ces valeurs mensuelles, pour un an, renseigne sur l'ordre de grandeur de ce que serait le quintile annuel pour l'ensemble du globe.

III. Il faut remarquer que, pour une région et une époque de haute pluviosité, un quintile mensuel régional, supérieur ou inférieur à 3, devrait figurer, dans la somme globale mensuelle, multiplié, en général, par un facteur légèrement supérieur, ou inférieur, à 1; et inversement pour une région et une époque de basse pluviosité. Nous

(³) Chapman et Bartels, *Géomagnétism*, Chap. IX.

(¹) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 860.

(²) *Monthly climatic data for the world*, Weather Bureau, U. S. A., années 1949 et 1950.

n'en avons pas tenu compte dans le tableau, mais nous avons porté les signes + ou —, sur les valeurs des quintiles mensuels régionaux, selon qu'il faut les augmenter ou les diminuer légèrement pour connaître dans quel sens peuvent être modifiées les moyennes mensuelles globales, afin qu'elles soient plus représentatives du quintile mensuel global.

Régions.	Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	A.
1	3,67	3,37	3,15	2,60	3,25	2,99	3,36	3,07	3,12	3,34	2,60	3,10	3,13
2	–	2,50	3,50	–	3,05	3,30	2,19	2,55	3,50	2,53	2,78	2,50	2,84
3	2,42	1,51	2,45	2,66	3,72	2,41	2,12	2,49	2,95	3,00	4,20	3,30	2,77
4	2,73	3,37	2,80	3,31	3,44	3,02	3,10	3,10	3,60	3,60	3,13	3,16	3,20
5	3,10	4,45	2,82	2,61	3,40	3,65	2,44	2,95	3,00	2,80	3,70	3,91	3,23
6	2,65	4,18	3,10	2,26	3,21	2,64	2,75	2,78	3,37	4,24	3,76	2,55	3,12
7	3,00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,23	3,11
8	2,10−	2,33−	2,45−	2,45−	2,23−	2,45−	2,78−	2,67−	3,11	3,56	3,28	2,80−	2,69
Moyenne mensuelle globale	2,81	3,10	2,89	2,65	3,18	2,92	2,68	2,80	3,23	3,30	3,36	3,07	

Moyenne globale annuelle, année 1949 : 3,000.

Régions.	Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	A.
1	–	3,27	3,12	2,89	2,67	2,92	–	3,44	2,79	2,82	3,60+	3,02	3,05
2	–	2,43	3,47	3,78	3,16	3,00+	–	2,86	2,87	3,04	3,07+	2,50−	3,01
3	–	3,30	2,31	4,11	2,80	2,50	–	3,00	3,60+	2,72	3,59+	3,52+	3,14
4	–	3,73	3,53	2,78	3,00	2,54	–	3,02+	3,42+	3,10+	3,37	3,11	3,16
5	–	3,90	2,90	1,85	3,35	4,00+	–	2,90−	3,45+	2,80−	4,84+	4,15+	3,41
6	–	3,95	3,16	3,00	3,52	3,58	–	3,17	2,83	4,04+	3,69+	3,06	3,40
7	–	2,08	–	3,70	3,47	–	–	3,00−	2,70+	–	3,31+	4,46+	3,25
8	–	3,00	4,20		3,00+	3,20+	–	3,00+	4,00+	2,30−	2,20−	2,56−	3,05
Moyenne mensuelle globale	–	3,21	3,24	3,16	3,12	3,10	–	3,05	3,21	2,97	3,46	3,30	

Moyenne globale annuelle, année 1950 : 3,182.

Quintiles mensuels, pour les régions 1 (Amérique du Nord), 2 (Amérique dû Sud), 3 (Europe), 4 (Indes), 5 (Japon), 6 (Australie), 7 (Union du Sud africain), 8 (groupe des Iles Philippines).

IV. 1° Les moyennes annuelles des quintiles par région (colonne A) restent voisines de 3. Il en est de même des moyennes mensuelles globales.

2° La moyenne globale annuelle augmente de 1949 à 1950. L'effet « numérique » des hautes et basses pluviosités, signalé au paragraphe III, tend à accentuer cette particularité.

3° La région des Philippines, 8, qui peut être considérée comme témoin de ce qui se passe au large d'un océan, montre une augmentation de la moyenne annuelle (colonne A) de 1949 à 1950 (correspondant à une hauteur moyenne d'eau en 1949 de 2 m; en 1950, de 2,40 m). Cette augmentation suit celle de la moyenne globale annuelle et la confirme ainsi.

4° Cette dernière augmentation n'est pas élevée. Mais elle doit être responsable, au moins pour une part, de la diminution de pollution radioactive de l'atmosphère. L'autre part doit être attribuée à l'augmentation de pluviosité propre à la région du lieu des observations. Il faut remarquer d'ailleurs que le

lavage de la moyenne atmosphère dépend beaucoup plus de la durée des précipitations, de leur étendue, que de la quantité totale d'eau tombée. La diminution de pollution de l'atmosphère restant caractéristique jusqu'à ce jour, il reste à savoir si la pluviosité à l'échelle du globe ou de la région, ou des deux à la fois, continue d'augmenter.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Pigments des chloroplastes et photosynthèse* (1).

Note de M. **Eugène Roux** et Mlle **Christiane Husson**, présentée par M. Albert Demolon.

Cette Note a pour but de montrer le rôle de l'acide glutamique dans la synthèse *in vivo* de la chlorophylle et d'apporter la preuve de la constance de la synthèse et de la destruction de cette dernière chez une plante verte exposée à la lumière. Afin de vérifier une ancienne hypothèse concernant l'origine des noyaux pyrroliques de la molécule de chlorophylle, les expériences suivantes ont été faites.

Deux lots de jeunes plants de Maïs ont été cultivés sur une solution nutritive d'un type courant contenant de l'acide glutamique marqué : M/100

$$COOH-CH_2-CH_2-{}^{14}CH(NH_2)-{}^{14}COOH$$

et ont été placés l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité : des prélèvements de 6 g de feuilles ont été faits après 6, 24 et 48 h; les feuilles ont été broyées à 0° au turmix, les chloroplastes isolés suivant la technique de Granick (2), lavés deux fois dans une solution M/5 de saccharose, puis traités par l'acétone afin d'en extraire les différents pigments; ceux-ci, une fois repris par l'éther de pétrole, furent séparés par chromatographie. Les mesures de radioactivité furent faites à l'aide du compteur de Geiger successivement sur les liquides d'extraction totale, sur les chloroplastes débarrassés des pigments et sur les différents pigments.

		Activité totale.	Protoplasme.	Chloroplastes.	Chlorophylle.	Xanthophylle (*).	Carotène.
Lumière.	6 h....	125	100	10	15	0	0
	24......	620	504	50	66	0	0
	48......	930	650	180	100	0	0
Obscurité.	6 h....	20	20	0	0	0	0
	24......	75	73	0,2	0	0	0
	48......	90	87	3	1-2	0	0

(*) Dans un cas nous avons obtenu une radioactivité importante dans la xanthophylle, mais il est probable que ce résultat est dû à une erreur.

(1) Ce travail n'a été possible que grâce à M. Guéron, Directeur au Commissariat de l'Énergie atomique et à M. Pichat, qui nous a fourni un acide glutamique d'activité spécifique suffisante.

(2) *Amer. J. Bot.*, 25, 1938, p. 558-561.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessus en coups par minute, déduction faite du mouvement propre.

Après 48 h, pour les plantes exposées à la lumière, 30 % de l'activité totale présente dans la feuille se retrouve dans les chloroplastes, dont 11 % dans la chlorophylle. Les plantes placées à l'obscurité ont absorbé 10 fois moins d'acide glutamique et une fraction infime de celui-ci se retrouve dans les chloroplastes, la xanthophylle et le chlorophylle. Ces résultats expérimentaux montrent que :

1° Les chloroplastes constituent, dans la cellule, un lieu d'accumulation pour l'acide glutamique (ou certains de ses produits de transformation) qui, dans le protoplasme, subit sous l'action de la lumière les modifications l'amenant à l'état de chlorophylle.

2° La chlorophylle n'est pas *in vivo* une substance stable puisque la quantité totale de pigments restant inchangée durant tout le cours de l'expérience, il apparaît une quantité croissante de pigments radioactifs au fur et à mesure que la quantité totale d'acide glutamique marqué absorbé par la plante augmente. Cette synthèse et destruction des pigments se font bien comme l'un de nous le prévoyait dans une précédente [Note ([3])], sous l'action de la lumière puisque pour des plantes placées à l'obscurité la radioactivité de la chlorophylle est pratiquement nulle.

3° Enfin, le fait que les plantes exposées à la lumière aient absorbé 10 fois plus d'acide glutamique que celles placées à l'obscurité, montre clairement que l'activité photosynthétique d'une plante est liée à son métabolisme général aussi bien azoté que glucidique. Autrement dit, la réaction fondamentale de la photosynthèse (celle qui fait naître, puis entretient dans la cellule chlorophyllienne exposée à la lumière, son constant besoin en CO_2) semble bien être l'incessante synthèse et la destruction simultanée des molécules de chlorophylle.

En favorisant ce perpétuel renouvellement des pigments, la lumière, entre autres facteurs, oriente, dans un sens bien déterminé, toute une suite de réactions d'équilibre dont la première conditionne la fixation initiale de CO_2 et qui conduisent ensuite, en passant par un certain nombre d'autres produits dont l'acide glutamique, à la formation de chlorophylle, pour aboutir enfin à la libération de l'oxygène, probablement liée à la destruction de la molécule de chlorophylle.

([3]) E. Roux, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1865.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La spermatogenèse chez quelques Ptéridophytes.* Note de Mme **Jacqueline Vazart**, présentée par M. Raoul Combes.

Les Fougères étudiées édifient 32 androcytes par anthéridie, ou davantage si elles sont apogames. Ces cellules sont remarquables par leur petite taille et leurs caractères embryonnaires. Les mitoses spermatogènes sont simultanées. Des centrosomes ont été observés au cours de la dernière chez *Scolopendrium* et *Equisetum* dont, par ailleurs, les anthéridies contiennent un nombre variable de gamètes ♂.

Au cours de recherches morphologiques et cytologiques sur la différenciation des organes reproducteurs et des gamètes chez les Ptéridophytes, nous avons observé, entre autres, la formation des anthérozoïdes chez : *Equisetum arvense, Pteris Ouwardi, Pteris longifolia, Scolopendrium vulgare, Asplenium Trichomanes* et *Adiantum* sp.

On peut distinguer deux phases dans l'édification des éléments ♂ : celle pendant laquelle se forment, à partir de l'initiale de l'anthéridie, les cellules qui se transformeront en anthérozoïdes et les processus mêmes de cette transformation. Nous ne considérons ici que la première de ces deux séries de phénomènes.

Les noyaux du prothalle des espèces que nous avons examinées présentent tous un aspect analogue : leur diamètre varie de 6 à 8 μ, ils sont arrondis ou ovoïdes et contiennent un nucléoplasme achromatique sillonné de filaments réguliers, colorables en rose par le réactif de Feulgen; le réseau chromatinien qu'ils dessinent est peu dense et demeure très lisible. Les nucléoles, sphériques et de petite taille, sont au nombre de deux chez *Scolopendrium*, *Asplenium* et *Adiantum*, on en compte de 5 à 7 chez *Equisetum*. Ceux des *Pteris* ont une physionomie très particulière : de forme irrégulière, la substance nucléolaire, plus ou moins dispersée, montre une hétérogénéité marquée qui se révèle être constante par l'emploi de colorants polyvalents, tel le liquide de Mann-Orange, ou même avec l'hématoxyline et le violet de Gentiane.

C'est une cellule quelconque de la surface inférieure du prothalle qui donne naissance à l'anthéridie des Filicales. On la reconnaît tout d'abord grâce à une sorte de dédifférenciation qui lui restitue des caractères juvéniles : en effet, son noyau devient volumineux : 500 μ^3 en moyenne chez *P. longifolia*, que nous prendrons comme exemple, au lieu de 250 pour celui des cellules végétatives; par là-même, la structure euréticulée devient très apparente car la chromatine se détache nettement sur le fond nucléaire clarifié et transparent; en même temps la quantité de cytoplasme augmente; il devient plus homogène et plus dense. Bientôt, pendant le cours même de cette évolution, une première mitose, généralement oblique par rapport à la lame prothallienne, isole, d'une part, le pied de la future

anthéridie, semblable aux autres cellules somatiques et, de l'autre, une cellule volumineuse dont l'aspect embryonnaire va toujours s'accentuant. La seconde division intervient peu après. Elle est perpendiculaire à la surface du prothalle et la membrane qui se forme, sur le plan équatorial, sépare, du côté externe, une cellule en dôme à protoplasme raréfié et à noyau légèrement contracté, mère de l'enveloppe anthéridiale et, du côté interne, une cellule, en forme de toupie, emplie d'un cytoplasme dense au centre duquel le noyau atteindra bientôt son volume maximum : soit 700 μ^3, correspondant à un diamètre de 11 μ. Cette cellule est la souche de la lignée sexuelle ♂.

La cellule-mère des anthérozoïdes entreprend alors une série de divisions simultanées. Chez l'*Equisetum* leur nombre est variable et, dès la troisième, l'anthéridie se trouve divisée en 2 ou 3 secteurs qui, désormais, évolueront indépendamment l'un de l'autre, le synchronisme des mitoses n'étant respecté qu'à l'intérieur de chacun. Par contre, chez les Filicales, il n'y a qu'un unique secteur où, dans le cas général, 5 caryocinèses successives individualisent 32 androcytes. Cependant, chez les espèces apogames (*P. Ouwardi* et *longifolia*, *Adiantum* sp.) on observe fréquemment une sixième mitose spermatogène, parfois une septième et très exceptionnellement une huitième.

Les deux premières divisions spermatogènes s'effectuent parallèlement à la surface du prothalle et conduisent à l'édification d'un groupe aplati de quatre cellules. C'est généralement entre ces deux mitoses que se situe la première cinèse dans l'enveloppe de l'anthéridie; la troisième division a lieu dans un plan normal à la direction des deux premières et les quatrième et cinquième sont orientées obliquement, si bien que le contour final du contenu anthéridien est arrondi. Nous avons vérifié l'existence de centrosomes au cours de la dernière mitose spermatogène du *Scolopendrium vulgare* et d'*Equisetum arvense*. Il est probable qu'ils existent également chez les autres espèces. Chaque caryocinèse est suivie de la formation centrifuge, sur le plan équatorial, d'une membrane cellulaire dont l'épaississement ultérieur est d'ailleurs des plus réduits. D'autre part, la forme des chromosomes varie légèrement dans les générations successives : ils sont de plus en plus grêles et allongés et ceci joint au fait que la place dont ils disposent est de plus en plus réduite rend peu à peu plus délicate l'observation des figures mitotiques.

En effet, un des caractères de la spermatogenèse est la diminution de taille de tous les éléments cellulaires d'une génération à la suivante. A la cinquième, par exemple, le diamètre des noyaux n'atteint plus que 6 μ et leur volume est réduit à 100 μ^3 chez *P. l.* Cependant, cet état de choses ne se constate qu'à un moindre degré chez les espèces à développement normal, *Scolopendrium vulgare* et *Asplenium Trichomanes*. Il en découle,

néanmoins, que si le nombre des androcytes et, partant, celui des anthérozoïdes est variable, plus il est élevé, plus leurs dimensions sont exiguës.

D'autre part, lorsque les nucléoles des noyaux somatiques sont multiples et plus ou moins hétérogènes, on assiste à une régularisation de leur nombre et de leur forme au cours de la spermatogenèse; elle intervient au moment de leur réapparition en télophase, pendant l'une ou l'autre des mitoses selon le noyau considéré. Finalement, les androcytes de ces plantes sont de petites cellules polyédriques, à rapport nucléoplasmatique élevé, jointives, séparées les unes des autres par de fines membranes, emplies d'un cytoplasme dense qui entoure un noyau arrondi de structure euréticulée; celui-ci renferme, selon les espèces, 1, 2 ou 3 petits nucléoles sphériques et homogènes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur le mannitol et le syringoside de quelques Oléacées.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans une autre Note ([1]), j'ai étudié la composition glucidique de 26 Oléacées, recherchant, en particulier, le mannitol et le syringoside. Le présent travail poursuit l'analyse de plusieurs plantes déjà mentionnées, examine 10 espèces nouvelles et apporte des précisions sur la répartition du syringoside. Les méthodes d'extraction et d'identification, déjà décrites, restent les mêmes.

Pour compléter l'étude inachevée des *Syringa*, *Ligustrum* et *Jasminum*, j'ai examiné les écorces de *Syringa vulgaris* L., *S. persica* L., *S. amurensis* Rupr., *S. Emodii* Wall., *Ligustrum vulgare* L., *L. lucidum* Ait., *L. ovalifolium* Hassk., *L. amurense* Carr., les feuilles de *Jasminum fruticans* L., *J. Wallichianum* Lindl., *J. abyssinicum* R. Br. Les espèces suivantes comportent les examens séparés des écorces et des feuilles : *Fraxinus Ornus* L., *F. juglandifolia* Lam., *F. pistaciæfolia* Torr., *Syringa pekinensis* Rupr., *Notelæa excelsa* Webb et Bert., *Olea europæa* L., *O. lancea* Lam. *Ligustrum japonicum* Thunb., *Jasminum officinale* L., *J. Beesianum* Forrest et Diels. Quelques autres organes ont été étudiés à part : racines, bois de tiges (avec moelle), fruits de *Syringa vulgaris*, racines de *Ligustrum ovalifolium*, fruits de *L. japonicum* et de *Fraxinus excelsior*.

Le mannitol a été obtenu à l'état pur à partir de toutes les espèces et de tous les organes : sa présence est générale chez les Oléacées. Isolé facilement des fruits verts de *Syringa* et *Fraxinus*, il se trouvait en quantité insignifiante dans les fruits mûrs et secs. Le saccharose a seulement été extrait du bois de *Syringa vulgaris* et des feuilles de *Jasminum Beesianum*.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 604.

Le syringoside a été isolé des racines, écorces et bois de *Syringa vulgaris*, des écorces des quatre autres *Syringa*, des racines et écorces de *Ligustrum ovalifolium*, des écorces de *L. vulgare*, *L. amurense*, *Fraxinus juglandifolia*, *F. pistaciæfolia*, des écorces et feuilles de *Notelæa excelsa*, des feuilles de *Jasminum fruticans*, *J. Wallichianum*, *J. abyssinicum* (quelques cristaux seulement), *Phillyrea angustifolia*. Les écorces de racines étaient beaucoup moins riches que celles de tiges. Les extraits déféqués d'écorces des *Olea* ont donné, avec SO_4H_2, une légère coloration bleue pouvant faire penser au syringoside, mais aucune cristallisation n'a été observée. Le syringoside n'a pas été obtenu avec le *Ligustrum lucidum* et le *L. japonicum* qui sont des espèces très voisines; or, Vintilesco l'a isolé des écorces et feuilles de *L. lucidum* Buch-Ham ([2]). Des essais effectués à diverses époques de l'année sur cinq pieds de *L. japonicum* de provenances différentes sont restés sans résultat. Les écorces de *Fraxinus excelsior* et *F. Ornus* renferment du fraxoside (liqueurs très fluorescentes), mais pas de syringoside; celles de *F. juglandifolia* et *F. pistaciæfolia* semblent dépourvues de fraxoside, mais sont riches en syringoside. Les compositions hétérosidiques de plantes voisines ne sont donc pas forcément identiques.

Pour savoir à quel moment de la végétation le syringoside apparaît dans les écorces et feuilles de quelques espèces, j'ai appliqué plusieurs fois la méthode d'extraction au cours de leur développement. Chez l'*Osmanthus aquifolium*, le syringoside n'a pas été obtenu avec les jeunes pousses à la fin de mai, les écorces et les feuilles à la fin de juin; il faut attendre au début d'août pour en trouver un peu dans les écorces, en octobre pour l'extraire des feuilles; les teneurs sont plus élevées en janvier. Chez le *Ligustrum ovalifolium*, les écorces de l'année donnent un résultat négatif en juillet et en août, positif en octobre; les feuilles, même en janvier, n'en ont pas fourni. Chez le *Jasminum fruticans*, les résultats sont négatifs en juin, positifs en octobre (rameaux de l'année, verts, non florifères; feuilles). Vintilesco avait d'ailleurs signalé, chez le *J. nudiflorum* Lindl., que la proportion de syringoside retirée en mai est beaucoup plus faible qu'en février ([2]). Ainsi, cet hétéroside apparaît tardivement au cours de la végétation, dans les tiges qui ont achevé leur croissance, plus tard encore dans les feuilles. On a donc plus de chances de le rencontrer dans les feuilles persistantes que dans les feuilles caduques; les écorces en renferment plus en hiver qu'en été : on peut le ranger parmi les substances dites de réserve.

Vintilesco avait indiqué l'absence de syringoside dans le *J. officinale* en opérant sur des tiges feuillées cueillies en mai ([2]) : j'ai confirmé ce résultat négatif sur un matériel récolté en novembre. Le *J. Beesianum* en

(2) J. Vintilesco, *J. Pharm. Chim.*, **24**, 1907, p. 145 et 529; **25**, 1907, p. 373.

est également dépourvu (juin et novembre). Ainsi, la présence de syringoside n'est pas plus générale chez les *Jasminum* que chez les *Ligustrum* et *Fraxinus*.

La méthode biochimique de Bourquelot appliquée aux extraits déféqués a révélé, dans tous les cas, l'existence d'hétérosides hydrolysables par l'émulsine. La plupart des indices, compris entre 150 et 400, donc très inférieurs à celui du syringoside (570), correspondent à des hétérosides différents. L'action de l'émulsine fait apparaître, notamment pour les écorces des *Syringa* et des *Olea*, une coloration rouge qui se rassemble dans le toluène (aglycone oxydable?); l'hydrolyse du syringoside ne donne pas cette coloration.

En résumé, le mannitol a été extrait de toutes les Oléacées examinées et le syringoside de plusieurs espèces (il n'avait pas encore été signalé dans les genres *Fraxinus* et *Notelæa*). Cet hétéroside se rencontre surtout dans les tiges un peu âgées et les feuilles persistantes.

CYTOLOGIE. — *Données qualitatives sur la colorabilité et la sensibilité* in vitro *aux attaques enzymatiques de l'acide désoxyribonucléique.* **Note de M. C. Durand, présentée par M. Maurice Caullery.**

Dans une Note précédente ([1]), nous avons montré, qu'après hydrolyse acide, les formations chromatiniennes de la spermatogenèse de *Gryllus bimaculatus* perdent leur affinité pour le vert de méthyle et deviennent entièrement pyroninophiles. D'après N. B. Kurnick ([2]), ce phénomène est dû à une dépolymérisation de l'acide désoxyribonucléique (D. N. A.) Si l'hydrolyse acide est suivie d'une digestion par la ribonucléase, plus rien ne se colore par le mélange de Unna. Le réactif de Schiff ne donne plus qu'une très pâle coloration au niveau des têtes de spermatozoïdes mûrs. Pour préciser ces observations, nous avons entrepris un contrôle *in vitro*.

Technique et remarque préalable. — Une solution aqueuse, à 4 mg/cm^3, de désoxyribonucléate de sodium extrait du thymus de Veau, contaminé par de faibles quantités d'histones et hautement polymérisé ([3]), est étalée sur lamelle comme un frottis de sang. Ces frottis sont fixés 6 mn au Zenker ou au Helly, soumis à des hydrolyses diverses et colorés, soit par le mélange de Unna, soit par le réactif de Schiff.

Les résultats obtenus avec cette technique se placent délibérément en dehors des conditions de structure et d'organisation propres à la cellule. C'est ainsi que les liaisons acide nucléique-protéine ne sont pas mises

([1]) *Bull. Biol.*, 85, 1951, p. 419-421.
([2]) *J. Gén. Physiol.*, 33, n° 3, 1950, p. 243.
([3]) Mme Khouvine nous a procuré les échantillons de D. N. A.

en jeu. La quantité de produit employée, par rapport à la surface d'attaque qu'elle offre aux acides et aux enzymes, sont également sans commune mesure avec celles qu'offrent les structures chromosomiques. Enfin les différences spécifiques existant entre le D. N. A. du thymus de Veau et celui des cellules sexuelles d'un Orthoptère, interdisent une assimilation trop directe des résultats obtenus dans des conditions aussi différentes. Ceci posé, il existe des analogies frappantes entre les résultats obtenus sur des étalements de D. N. A. et ceux que donnent les coupes.

1° *Action de la ribonucléase.* — Après fixation, les frottis de D. N. A. sont colorés en vert bleuté par le mélange de Unna. Cette teinte, due à la superposition d'une faible pyroninophilie à l'affinité normale pour le vert de méthyle, témoigne de la présence, dans notre produit, d'une certaine quantité de D. N. A. dépolymérisé. Après incubation pendant 1 h 30, dans une solution aqueuse de ribonucléase à 0,5 °/₀₀ (—pH 6,5 — 6, 9), le mélange de Unna ne donne plus qu'une teinte verte. Le réactif de Schiff ne donne aucune coloration sensible. L'eau distillée n'a aucune action, comme le montrent les témoins.

2° *Action de l'acide chlorhydrique.* — Les hydrolyses acides (dans HCl normal à 37°), variant de 30 mn à 3 h, provoquent le développement d'une pyroninophilie de plus en plus intense avec l'accroissement du temps d'hydrolyse. La préparation passe ainsi du bleu violacé au violet, puis au pourpre. Dans le cadre de l'hypothèse de Kurnick, on peut penser que ce virage correspond à la dépolymérisation de zones de plus en plus profondes de la couche de D. N. A. Dans les mêmes conditions, l'intensité de la réaction de Feulgen croît lorsqu'on augmente la durée des hydrolyses, jusqu'à une certaine limite au-delà de laquelle il y a perte progressive de toute colorabilité.

Notons qu'un frottis de D. N. A. dépolymérisé, provenant de l'épithélioma atypique du Rat, s'est révélé, sans hydrolyse acide, Feulgen positif et pyroninophile.

3° *Action de* HCl *suivi par la ribonucléase.* — Si on fait agir la ribonucléase, après les hydrolyses acides permettant le développement de l'intensité maximum de la pyroninophilie ou de la Feulgen-positivité, il n'est plus possible de colorer la préparation. L'eau distillée n'a aucune action comparable. Nous avons effectué cet ensemble d'opérations successives sur un même frottis de D. N. A. Celui-ci est d'abord traité en entier par l'acide chlorhydrique. Après lavage, la moitié seulement de la préparation est incubée dans la ribonucléase. Puis les deux extrémités de la lame présentant les deux zones ainsi réalisées sont respectivement colorées par le mélange de Unna et par le réactif de Schiff. La Feulgen-positivité et la pyroninophilie ne se manifestent alors que dans les zones de la préparation

non soumises à l'action de la ribonucléase. L'examen microscopique des résidus incolores montre qu'il ne s'agit pas d'un simple décollement.

Dans ces conditions, et en admettant provisoirement le terme de « dépolymérisation », on peut formuler les conclusions suivantes :

1° La pyronine colore l'acide désoxyribonucléique dépolymérisé et ne permet donc pas de le distinguer de l'acide ribonucléique. 2° La ribonucléase attaque l'acide désoxyribonucléique dépolymérisé et ne le distingue pas davantage de l'acide ribonucléique. Ces données doivent permettre la révision de certaines notions concernant la répartition intracellulaire des deux types d'acides nucléiques, établies grâce à la coloration de Unna et l'action de la ribonucléase (4). 3° La réaction de Feulgen ne colore que l'acide désoxyribonucléique fortement dépolymérisé (5). 4° Les formations colorées par le vert de méthyle, qui ne se colorent pas par le réactif de Schiff et qui résistent à l'action de la ribonucléase, sont constituées par de l'acide désoxyribonucléique hautement polymérisé (6).

ENTOMOLOGIE APPLIQUÉE. — *Recherches sur l'activité insecticide du toluène 3-4 dithiophénol.* Note (*) de Mlle **SUZANNE TOCAVEN**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Lors d'une étude sur des insecticides soufrés, dérivés d'hydrocarbures cycliques, nous avons essayé le dérivé dithiophénolique 3-4 du toluène.

Ce produit se présente comme un solide blanc, altérable par maintien à la lumière ou au contact de l'air. Son odeur pénétrante est nauséeuse.

Sa grande solubilité dans l'acétone et le benzène a rendu les essais insecticides faciles.

Nous avons recherché le pouvoir insecticide de ce corps sur les insectes suivants : *Gryllus domesticus*, *Bruchus pisi* et sur larves *d'Ephestia Kühniella.*

A. EFFETS INSECTICIDES DU PRODUIT. — 1. *Sur Gryllus domesticus.* — 1° *Essais de contact et inhalation à la fois.* — A doses fortes, de l'ordre de 31 mg par boîte de Petri pour environ 0,5 mg/cm² de papier imprégné, l'effet est foudroyant. La mort se produit en quelques heures après des accidents convulsifs spectaculaires.

---

(4) En cours de rédaction, nous avons pris connaissance d'un article de Hoff Jörgensen et Zeuthen (*Nature*, 9 février 1952) qui montre que le cytoplasme de l'œuf de Grenouille contient environ 5000 fois plus de D. N. A. que le noyau.

(5) STEDMEN et STEDMAN, *Nature*, 152, 1943, p. 267.

(6) POLLISTER et LEUCHTENBERGER, *Proc. Nation. Acad. Science U. S. A.*, 35, n° 2, 1949.

(*) Séance du 31 mars 1952.

A doses moyennes, de l'ordre de 15 mg par boîte, la mortalité est encore forte, dans un délai maximum de 24 h.

A doses encore plus faibles, de l'ordre de 8 mg par boîte, l'activité est réelle à la plus grande échéance. Les symptômes d'intoxication sont atténués quant à leur manifestation. Ceux-ci sont parmi les plus caractéristiques : le rejet abondant et immédiat des fèces, une excitation précoce des grillons avec course, sauts brusques entraînant l'apparition d'autotomie. Les membres rentrent en convulsion, et juste avant la mort, on observe des essais infructueux d'envol avec déploiement des ailes en perpendiculaire par rapport à l'axe du corps. Certains meurent de cette façon.

2° *Essais d'inhalation seule.* — En plaçant quelques Grillons sur une toile métallique fixée à mi-hauteur d'un bécher, au fond duquel on a étalé quelques centigrammes du produit, on observe une excitation presque immédiate, le rejet des fèces, des sauts, le même phénomène d'autotomie et la mort en contraction après 16 h d'exposition.

3° *Essais par ingestion.* — En mêlant le produit à de la farine finement pulvérisée et en donnant le mélange ainsi préparé aux Grillons, on note 88 % de mortalité en 24 h. Ces symptômes, trop rapides pour être imputables à une action d'ingestion, semblent plutôt dus à une action mixte de contact et d'inhalation.

2. *Sur Bruchus pisi.* — On a recherché les effets de contact et d'inhalation seulement.

A raison de 16 mg par boîte, on a déjà en 2 h, 45 % de mortalité. L'immobilisation est presque instantanée avec, chez les individus non paralysés complètement, quelques mouvements sans grande envergure limités aux articulations des pattes.

A doses moindres, les résultats sont encore fort intéressants. A raison de 8 mg par boîte, on note dans un essai une mortalité générale en 16 h et dans un autre en 24 h.

3. *Essais sur larves d'Ephestia.* — Par contact et inhalation, le toluène dithiol se comporte également comme un toxique pour des larves de taille moyenne, capables dans leur état normal d'une certaine activité. Ici encore, on observe une immobilisation des larves et mort à assez brève échéance.

B. Observations au sujet de l'utilisation du toluène dithiol. — Il ressort de ces expériences que le toluène dithiol est un poison pour les insectes. Mais son activité est conditionnée par le maintien de son intégrité chimique, elle-même fonction du temps d'exposition à l'air et à la lumière. En effet, son oxydabilité est très grande, le corps ayant tendance à se transformer dans le dérivé disulfoxyde correspondant. Cette instabilité a permis d'expliquer les grandes variations observées dans les résultats d'expériences semblables, menées dans les mêmes conditions. En effet, des

essais faits en parallèle avec des solutions récentes et anciennes ont montré des écarts de résultats très sensibles.

Il faudrait donc ajouter aux solutions de toluène dithiol un anti-oxygène suffisamment fort pour entrer en compétition avec le dithiophénol étudié.

C. Voies de pénétration du produit et essais d'explication des symptomes observés. — Les différents essais effectués permettent de penser que le toluène dithiol est capable de pénétrer à la fois par contact et par voie trachéenne. En effet, la grande solubilité du produit dans les graisses plaide en faveur d'une pénétration cuticulaire et d'une action de contact. De plus, les essais, où l'inhalation seule entre en jeu, ont été couronnés de succès.

Le poison agit, semble-t-il, en bloquant la respiration cellulaire. Ceci permettrait d'expliquer les symptômes nerveux de paralysie progressive et surtout la rapidité d'action du produit.

D. Hypothèse sur l'action biochimique possible du produit. — Une hypothèse d'action particulièrement séduisante apparaît si l'on réfléchit à la grande facilité avec laquelle le dithiocrésol 3-4 donne des mercaptides avec des traces de métaux. Il semble qu'il puisse être capable, dès qu'il a pénétré dans les tissus internes, à métabolisme actif, de bloquer les réactions diastasiques en captant les traces de fer ou de cuivre indispensables au fonctionnement des transporteurs d'hydrogène (des cytochromes et de la cytochrome oxydase entre autre), ainsi que des oxydases. Cette action serait alors comparable à celle des cyanures.

Une expérimentation rigoureuse devra prochainement vérifier cette hypothèse.

PROTISTOLOGIE. — *Observation vitale et colorations de l'argyrome chez les Astomes.* Note de M. **Pierre de Puytorac**, présentée par M. Louis Fage.

En 1926, Klein, par la technique d'imprégnation au nitrate d'argent réduit à la lumière appliquée aux Infusoires desséchés sur lame, met en évidence à la surface de nombreux Ciliés l'existence d'un système de lignes argyrophiles plus ou moins sinueuses, isolées ou anastomosées et s'attache à montrer que ce *Silberliniensystem* est un centre générateur des cils et des trichocystes. A partir de 1930, Chatton et ses collaborateurs améliorent la technique de Klein et confirment l'existence d'un système argyrophile, ou argyrome (Chatton et Lwoff), dont ils reconnaissent (1935-1940) l'indépendance et l'autonomie vis-à-vis de l'appareil ciliaire.

Poussant plus loin leur démonstration, ils ajoutent aux différences topographiques certaines « différences substantielles » qu'ils mettent en

évidence chez *Glaucoma*, entre « le système coloré » et le « système imprégné ». Ils caractérisent le cinétome comme acidostable, colorable et le plus souvent imprégnable, alors que l'argyrome *est essentiellement acidolabile et incolorable. Il n'est nettement et complètement imprégné que par l'argent.*

Ces conclusions, admises aujourd'hui et auxquelles il n'a été signalé aucune exception, à notre connaissance, ne s'appliquent pas totalement aux Astomes. Chez ces Ciliés, dont nous avons déjà caractérisé les dispositions variées de l'argyrome (1), nous constatons que l'observation directe au microscope ordinaire ou mieux au microscope à contraste de phase, permet d'observer ces structures avec une netteté suffisante pour que des photographies puissent en être faites. La comparaison avec des photographies des mêmes espèces prises après imprégnation enlève toute incertitude, s'il pouvait en subsister, quant à la nature « argyromique » des formations considérées comme telles, observées vitalement.

Nous avons pu ainsi vérifier *in vivo* chez plusieurs Astomes appartenant à la famille *des Anoplophryidæ* (diverses espèces *d'Anoplophrya*) et *des Hoplitophryidæ* (*Metaradiophrya*, *Radiophrya*, *Acanthophrya*, *Maupasella*) la réalité des dispositions que nous avions décrites, ou encore inédites (pour les *Hoplitophrya* et *Intoshinella*). Les études précédentes montrant ainsi que l'argyrome est une structure réelle, nous avons tenté sur elle l'emploi des colorants vitaux. Le vert Janus nous a donné de bons résultats, là encore sans qu'aucune confusion soit possible avec aucune autre structure, en particulier avec des arrangements mitochondriaux. C'est bien le réseau à mailles polygonales disposées en deux rangées longitudinales entre les cinéties, tel qu'il est mis en évidence après imprégnation argentique, qui est coloré, par exemple, de cette manière, chez *Radiophrya prolifera* (Clap. et Lach.). De tels résultats sur une formation réputée incolorable, nous ont conduit à des essais de coloration sur coupes. Nous avons pu constater que, dans ces conditions aussi, les structures argyrophiles peuvent être également démontrées par l'hématoxyline après fixation au Champy. Les imprégnations assez poussées révèlent parfois comme Gélei et comme Chatton l'ont observé, à côté du réseau primaire ou argyrome proprement dit, un réseau plus profond, interne, à petites mailles, dit réseau secondaire, correspondant peut-être à l'imprégnation d'alvéoles cytoplasmiques. Or, c'est bien le réseau primaire, de disposition caractéristique, que nous avons coloré ainsi chez *Metaradiophrya lumbrici* (Duj.) et non des alvéoles cytoplasmiques disposées sans ordre.

D'après une rapide étude *in vivo* chez *Paramecium caudatum* (Ehrb.) où l'argyrome à mailles polygonales est également visible dans les régions

(1) *Arch. Zool. exp. et gén.*, 88, 1951, Notes et revues, p. 49-58.

claires, le cas des Astomes n'est pas exceptionnel. Si l'argyrome n'a pas été observé encore vitalement, c'est par suite des difficultés que créent dans cette étude l'encombrement et l'opacité des cellules. A ce point de vue, les Astomes, dont le cytoplasme est presque toujours clair et d'une étude plus facile, sont un matériel de choix.

Chatton a montré l'existence d'un argyrome chez les Schizogrégarines, Coccidies et Péridiniens. Chez ces derniers (*Polykrikos*, *Noctiluca*), Hovasse a constaté une bonne révélation de l'argyrome par imprégnation osmique (inédit). Peut-être ne serait-il pas inutile de le rechercher également dans ces groupes par application des précédentes méthodes.

En résumé, nos observations sur les Astomes montrent que l'argyrome, jusqu'alors connu et révélé uniquement par imprégnation argentique est une structure réelle, observable sur le vif, soit par étude directe, au contraste de phase en particulier, soit par coloration au vert Janus. Ce système peut être enfin coloré par l'hématoxyline, contrairement aux idées développées par Chatton et Brachon, par généralisation de leurs résultats chez *Glaucoma*. La théorie de la continuité génétique des cinétosomes n'est nullement atteinte, mais sont ainsi atténuées certaines différences qu'ils avaient énoncées entre cinétome et argyrome.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Variations observées à l'aide de la méthode autohistoradiographique dans le métabolisme iodé, au niveau des formations thyroïdiennes chez* Lebistes reticulatus *traité par la thyroxine, les protéines iodées ou la thiourée.* Note (*) de M. **Jean Vivien** et M[lle] **Marie-Louise Gaiser**, présentée par M. Maurice Caullery.

Au cours d'études entreprises sur la physiologie thyroïdienne des Cyprinodontes, nous avons été amenés à tester, à l'aide du Radioiode, certaines formes de l'activité thyroïdienne.

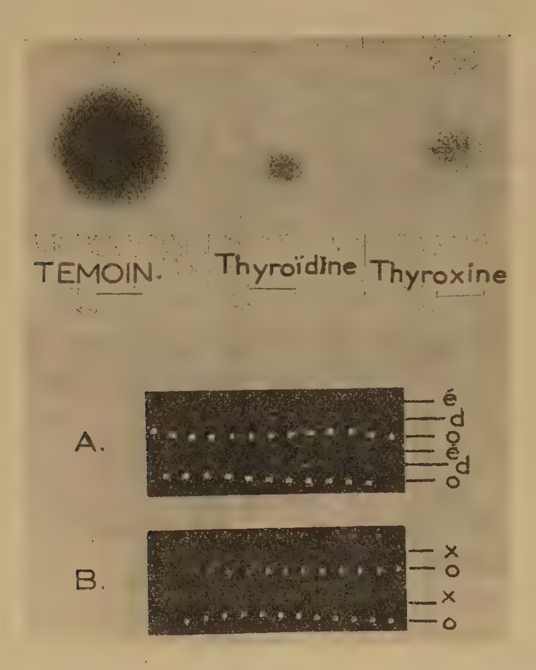
De jeunes *Lebistes* provenant de mêmes portées, sont placés, dès la naissance, dans des aquariums de 1500 cm^3 et soumis immédiatement au traitement par la thyroxine (thyroxine de synthèse Roche) additionnée d'eau à la dose de 0,02 %, par les protéines iodées (thyroïdine Byla) à la dose de 0,02 %, ou par la thiourée à la dose de 0,03 %; les substances actives sont renouvelées chaque semaine avec l'eau jusqu'au traitement par le radioiode, instauré à partir du 18[e] jour, à raison de 200 μC/l administrés en une fois sous forme d'iodure de potassium (²).

Des prélèvements ont été faits dans les populations traitées après 48, 72, 96, 144, 192, 264, 360, 528 et 600 h du traitement radioactif. Les jeunes,

(*) Séance du 31 mars 1952.

(¹) Iode 131, fourni par l'Institut de Recherches nucléaires de l'Université de Strasbourg.

prélevés parmi les témoins et les animaux traités par les agents thyroïdiens et antithyroïdiens, ont été fixés au formol acétique et débités en coupes sériées à la paraffine.



Marques d'ionisation obtenues sur plaques après 96 heures d'exposition, à partir de coupes transversales de région hypoglosse provenant de Lebistes traités par le radio-iode pendant 264 heures (l'échelle qui figure sous chaque marque représente 2/10 mm). La marque témoin provient de Lebistes élevés dans l'eau pure + I-131, les autres marques proviennent de Lebistes traités concurremment par I-131 et thyroïdine, ou par I-131 et thyroxine.

A, image d'une plaque impressionnée par des coupes provenant d'animaux traités par la thiourée (*e*), la thyroïdine (*d*) ou d'animaux témoins (*o*). — B, image d'une plaque impressionnée par des coupes provenant d'animaux traités par la thyroxine (*x*).

Les radiogrammes repérés et rapportés avec précision aux coupes ultérieurement colorées par les méthodes histologiques courantes permettent de constater les faits suivants :

1° L'iode se concentre rapidement au niveau de l'intestin et des branchies chez tous les animaux traités; cette concentration de l'iode est beaucoup moins rapide et moins intense chez les animaux traités par la thyroxine, les protéines iodées et la thiourée que chez les témoins; elle est transitoire et disparaît complètement en ce qui concerne l'intestin, si l'on isole les jeunes du milieu radioactif pendant 48 h avant de les sacrifier; elle persiste de façon à peine perceptible, en ce qui concerne les branchies, chez les animaux ainsi isolés du milieu radioactif;

2° L'iode radioactif n'apparaît au niveau des formations thyroïdiennes, de façon décelable sur les plaques sensibles, qu'entre 72 et 96 h après l'introduction du radioiode dans le milieu; en ce qui concerne les témoins,

elle a atteint son maximum vers la 192[e] heure et s'est maintenue au même niveau au cours des prises successives qui ont été faites; chez les animaux traités par la thyroxine et la thyroïdine, la présence du radioiode dans la thyroïde n'est décelable qu'à partir de la 144[e] heure et les traces relevées sont encore extrêmement faibles à la 192[e] heure de traitement; ces traces restent, jusqu'à la 600[e] heure, beaucoup plus faibles que chez les témoins. Chez les animaux traités par la thiourée, la présence de radioiode dans les formations thyroïdiennes n'a pu être décelée dans aucun cas.

Conclusions. — Ces observations préliminaires, faites sur de jeunes *Lebistes* impubères, permettent de penser : 1° que la concentration du radioiode primitivement placé dans le milieu ambiant, à la dose indiquée, se fait très lentement au niveau de la thyroïde chez les animaux normaux; 2° que la voie de pénétration du radioiode est vraisemblablement double, intestinale et branchiale; 3° que le traitement par la thyroxine ou les protéines iodées tend à inhiber, au moins partiellement, la pénétration de l'iode dans les épithéliums et les vésicules thyroïdiennes; cette inhibition semble correspondre à un freinage de l'activité thyroïdienne, qui se traduit histologiquement par la diminution du nombre des vésicules et par l'aplatissement des cellules thyroïdiennes; il existerait donc, chez les Poissons, une réaction « d'atrophie compensatrice », en présence de la thyroxine ou des protéines iodées, telle qu'elle a été définie par Selye et par Courrier à propos des Mammifères; 4° que le traitement par la thiourée semble supprimer toute pénétration de l'iode radioactif dans les formations thyroïdiennes en voie d'hypertrophie et d'hyperplasie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La croissance de* E. Coli *B avec les acides aminés comme seule source d'azote.* Note de MM. **Jacques Panijel** et **Joseph Huppert** présentée par M. Maurice Javillier.

Le dernier paragraphe de la Note présentée le 10 mars 1952 n'exprimant pas clairement dans sa concision les faits consignés dans la Note, nous le remplaçons par le texte suivant :

« On voit, d'après ces résultats, que rien ne permet de considérer comme différents les mécanismes de croissance utilisant l'azote ammoniacal et ceux utilisant l'azote de désamination des acides aminés dits de « bonne croissance ». Il en va autrement pour la tyrosine et le tryptophane, dont l'utilisation médiocre comme source d'azote ne résulte pas de l'accumulation de produits toxiques, puisque, comme nous le montrerons dans une prochaine Note [1], il est possible d'améliorer sensiblement les conditions de croissance de *E. Coli* B sur ces acides aminés. »

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1495.

PHARMACODYNAMIE. — *Étude expérimentale des effets de l'amide de l'acide nicotinique dans la tuberculose.* Note (*) de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, présentée par M. Gaston Ramon.

Comme suite à nos recherches consacrées à l'étude expérimentale chez la Souris des effets antituberculeux de la β-pyridine-aldéhyde-thiosémicarbazone (1) et de son isomère, la γ-pyridine-aldéhyde-thiosémicarbazone (2) (G. 469 et G. 527), nous avons entrepris des essais analogues avec l'amide de l'acide nicotinique. Rappelons que les propriétés antibacillaires de cette amide, aussi bien *in vitro* qu'*in vivo*, ont été mises en évidence par Chorine (3), qui a constaté chez le Cobaye un arrêt net de l'évolution du processus tuberculeux. Des essais sur l'Homme ont été entrepris par Huant en 1945 (4). Citons également un travail de Mc Kenzie, Malone, Kushner, Oleson et Subba Row (5) se référant au même sujet (acide nicotinique et son amide). Les auteurs ont précisé l'effet antituberculeux de ces composés chez la Souris (contamination intraveineuse; administration du médicament avec la nourriture). La nicotinamide et 30 de ses dérivés substitués (dans le groupement acide ou dans le noyau) ont été éprouvés; l'amide de l'acide nicotinique s'est révélée la plus active, les diverses substitutions augmentant sa toxicité et diminuant son activité thérapeutique; les résultats se sont traduits par un arrêt dans l'évolution de la bacillose pulmonaire de la Souris.

Résultats. — 1° *Tolérance.* Parfaitement tolérée à 50 mg par souris de 20 g. 2° *Activité bactériostatique et bactéricide* in vitro (souches H. 512 et S. A. P. C.) : *pratiquement nulle* (1g/l). 3° *Activité* in vivo.

Technique (6). — Deux lots de souris (pesant 18 à 20 g). *Le premier* comprend des sujets témoins non traités, *le second* des animaux traités par 20 mg du composé, administrés *per os* (sonde gastrique), quotidiennement et dès le lendemain de la contamination (1,5 mg BK, souche H 512, culture sur milieu Löwenstein agée de 4 semaines). Examen des sujets morts, ou survivants le 47e jour et sacrifiés à cette date, du point de vue des altérations microscopiques du poumon, de la teneur en BK de cet organe, et évaluation du temps de survie.

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) C. Levaditi, A. Girard, A. Vaisman et A. Ray, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1174; *Ibid.*, 232, 1951, p. 770; *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 60.

(2) C. Levaditi, A. Girard, A. Vaisman et A. Ray, *Ann. Inst. Pasteur*, 82, 1952, p. 102.

(3) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 150.

(4) *Gaz. Hôp.*, 1945; *ibid.*, n° 10, 1952, p. 117.

(5) *J. Lab. Clin. Med.*, 33, 1948, p. 1249.

(6) Celle utilisée couramment dans toutes nos recherches, dérivée de celles de Shpanier et Chertkova (*Problems of tuberculosis*, n° 4, 1944, p. 9) et de Youmans et Mc Carter (*Quart. Bull. Northwestern Univ. Med. School*, 19, 1945, p. 210).

1. Souris témoins. — *a. Mortalité* (entre 20 et 39 jours) : 94,7 % ; *survie* : 5,3 %. *b. Altérations microscopiques pulmonaires* : + + + + = 26 % ; ∞ = 74 % (au total 100 %). Il s'agit de lésions térébrantes et diffuses intéressant toute la surface pulmonaire. *Poumon normal* : 0/5 ([7]). *c. Taux bacillaire du poumon* : entre + + + et ∞ = 100 %.

Donc, *infection intense et presque constamment mortelle.*

2. Souris traitées. — *a. Mortalité le 46e jour* (entre 35 et 42 jours) : 10 % ; *survie* : 90 %. La quantité maxima de médicament administrée a atteint 760 mg le 46e jour. Fait surprenant, on a constaté que, contrairement aux sujets témoins, toutes les souris traitées survivantes avaient conservé un aspect normal, sans perte de poids appréciable.

b. Altérations pulmonaires. — *Macroscopiquement*, ces altérations étaient nettement dissemblables de celles des souris témoins et, de façon générale, de toutes les souris traitées par des médications antituberculeuses efficaces autres que l'amide de l'acide nicotinique. En effet, il s'agissait d'abcès de volume variable (0,5 à 1 mm), contenant du pus et parfaitement isolés du reste des poumons. *Microscopiquement*, on constatait que ces abcès respectaient, dans environ 40 % des cas, l'intégrité du tissu pulmonaire. Leur intensité était la suivante : entre + — et + = 40 % ; entre + + et ∞ = 60 %. *Poumon normal* : entre 0/5 et 1/5 = 15 % ; entre 2/5 et 4/5 = 85 %. Donc, prédominance de la surface pulmonaire demeurée intègre.

c. Taux bacillaire du poumon : + = 20 % ; entre + + et ∞ = 80 %. Les bacilles tuberculeux étaient présents surtout dans les abcès pulmonaires décrits ci-dessus.

L'ensemble de ces constatations permet les conclusions suivantes :

1° L'amide de l'acide nicotinique, parfaitement tolérée par les souris préalablement tuberculisées, est totalement dépourvue d'effets bactériostatiques ou bactéricides *in vitro* ;

2° Un traitement adéquat par cette amide permet la survie de 90 % des souris en expérience pendant au moins 45 jours, ces souris conservant leur aspect normal en dépit d'une contamination qui, chez les témoins, provoque le décès dans 94,7 % des cas, avec des modifications histopathologiques diffuses et intenses ;

3° Ce même traitement engendre un véritable enkystement des altérations bacillifères du poumon et respecte ainsi presque totalement l'intégrité de la surface de l'organe.

Résumé. Il semble que l'amide de l'acide nicotinique agit curativement dans la tuberculose expérimentale de la Souris par un mécanisme différent de celui des agents antituberculeux réellement efficaces, tels la streptomycine, le TbI *(de Domagk) et même le* PAS. *En effet, il est question, en l'occurrence,*

([7]) Cette fraction représente le rapport de la surface pulmonaire demeurée intègre à l'ensemble de cette surface, représentée par le chiffre 5.

moins d'effets microbicides proprement dits, que d'une action, probablement vitaminique, sur l'ensemble des moyens défensifs de l'organisme, laquelle, en provoquant un enkystement des bacilles au sein d'abcès pulmonaires bien délimités, prolonge la vie des animaux traités (⁸).

MICROBIOLOGIE. — *Mutants sélectionnés ou provoqués par le bactériophage chez* Pasteurella pestis. *Leur réversibilité éventuelle. Intérêt doctrinal et épidémiologique.* Note (*) de M. **Georges Girard**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le bactériophage peut sélectionner ou provoquer chez *Pasteurella pestis* l'apparition de mutants qui se comportent comme des saprophytes. A deux reprises un retour aux propriétés de la souche d'origine a été observé. Si le phénomène dont le processus nous échappe se produit dans la nature comme on est fondé à le penser, il permet d'éclairer certaines obscurités qui persistent toujours dans l'épidémiologie de la peste.

Pasteurella pestis est parmi les microorganismes pathogènes celui qui offre le plus d'homogénéité à l'égard des bactériophages spécifiques. Cette propriété est mise à profit, en pratique courante, pour confirmer l'authenticité ou contrôler la pureté d'une souche de peste. Quand des cultures secondaires apparaissent en milieu liquide, ce n'est jamais avant plusieurs jours; elles sont toujours difficilement repiquables et celles dont nous avons réussi pour un temps à maintenir la vitalité se caractérisaient par une dégradation plus ou moins accusée de la virulence et de la valeur antigène par rapport à la souche d'origine, mais leurs propriétés biochimiques étaient identiques. Il s'agissait de variantes plus que de véritables mutants (¹).

Nous rapportons dans cette Note deux constatations fortuites faites à cinq années d'intervalle dans deux circonstances indépendantes l'une de l'autre, mais qui ne sont pas sans analogie quant aux déductions qu'elles nous semblent comporter.

1. En janvier 1946, procédant au contrôle de la pureté d'une suspension de la souche de *P. pestis* E. V. (Girard et Robic) avec laquelle nous venions d'ensemencer plusieurs boîtes de gélose nutritive, le tube de bouillon additionné de bactériophage présentait un trouble très marqué après 48 h. L'hypothèse d'une souillure, à laquelle nous pensons dès l'abord, est écartée. Le germe en cause a bien gardé la morphologie de *P. pestis*; il est Gram négatif et immobile. Par ailleurs, il n'a plus aucun des caractères antigéniques, immunisants ou biochimiques de la souche E. V. (²). Il cultive rapidement à toutes les températures sur les milieux usuels.

(⁸) Rappelons que nos essais concernant les propriétés antibacillaires de la thionicotinamide se sont révélés totalement infructueux.

(*) Séance du 31 mars 1952.

(¹) G. Girard, *Ann. Inst. Pasteur*, 73, 1947, p. 642.

(²) Souche de virulence affaiblie, employée comme vaccin antipesteux vivant à Madagascar depuis 1934 et aussi dans d'autres pays, notamment au Congo belge.

Un des tubes de gélose ensemencés est laissé à la température de 22° pendant un mois. Nous constatons, après ce délai, un aspect vitreux du fond de la culture qui n'est plus repiquable, mais nous y remarquons quelques colonies qui font saillie sur ce fond uniforme. Une étude de ces colonies nous montre qu'elles ont tous les caractères du virus-vaccin E. V., y compris la sensibilité au phage. Nous avons échoué à reproduire ce phénomène en mettant une goutte de bactériophage dans 50 tubes de bouillon ensemencé avec le même échantillon de la souche E. V. Au surplus, depuis 15 ans que des centaines d'opérations analogues ont été faites, tant à l'Institut Pasteur de Paris qu'à celui de Tananarive, jamais nous ne l'avions constaté.

2. L'existence de colonies pigmentées de *P. pestis* a été signalée par quelques auteurs, en particulier une fois par R. Devignat au Congo belge, précisément au cours d'une préparation de virus-vaccin E. V. [3]. La variante, de couleur jaune ocre, ne fut pas conservée, mais l'auteur nota une dégradation de ses propriétés antigéniques et immunisantes, sans modification des propriétés biochimiques.

Sur un échantillon de notre souche E. V. conservé sans repiquage depuis dix ans et dont nous étudiions le comportement, une colonie pigmentée, rose brique, plus volumineuse que les colonies normales disséminées sur la surface de la gélose d'une boîte de Petri attire notre attention une vingtaine de jours après l'ensemencement. Nous pensons naturellement à une contamination accidentelle, mais cette fois encore l'examen révèle des germes Gram— qui ne se distinguent en rien de ceux des colonies voisines. Une trace de la culture mise en suspension dans du bouillon aux fins d'isolement ne donne que des colonies blanches, normales. Le reste de la colonie rose est alors ensemencé en masse avec une goutte de bactériophage pesteux et à la suite de repiquages successifs sur bouillon et sur gélose nous arrivons à ne plus avoir que des colonies roses ou rouge brique pures, résistantes au phage, d'un germe dont la morphologie accuse la plasticité bien connue de *P. pestis*, mais qui n'a plus aucun des caractères de la souche E. V. C'est un véritable saprophyte comme celui de l'observation de 1946, mais à l'inverse de ce dernier, il est fragile dès le début, il ne cultive qu'entre 15 et 25° et doit être repiqué très souvent pour ne pas être perdu.

Dans un des tubes d'eau peptonée où l'on entretient ce germe, tubes qui, après quelques jours, sont éclaircis et montrent un dépôt rouge brique de microbes morts, une culture secondaire non pigmentée apparaît au bout de 16 jours en surface, avec un léger voile et des flocons neigeux qu'une étude complète identifie à la souche E. V. type.

Cette constatation a été faite en avril 1951. Tous nos efforts pour tenter depuis dix mois de reproduire ce phénomène avec le mutant rouge brique

---

(3) *Recueil Trav. Scic. méd. Congo belge.*, n° 3, janvier 1945.

sont demeurés infructueux malgré la variété des expériences réalisées pour y parvenir.

Si nous avons cru devoir rapporter ces faits dont le déterminisme nous échappe, mais qui appellent de nouvelles recherches, c'est qu'ils étayent l'hypothèse audacieuse, mais gratuite, de d'Hérelle sur la réversibilité possible des mutants (au sens qu'il donne à ce terme) dans le réveil des épidémies de choléra au Bengale. L'hypothèse n'est pas moins valable dans l'épidémiologie de la peste du fait de la dispersion des bactériophages spécifiques dans la nature et, en particulier, chez *Rattus rattus* et chez *Xenopsylla cheopis* comme nous l'avons établi à Madagascar (4), (5).

A 15 h 50 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Sur la proposition du Comité National d'Astronomie, transmise à l'Académie par M. **André Danjon**, la délégation française à l'Assemblée Générale de l'**Union Astronomique Internationale**, qui se tiendra à Rome, du 4 au 13 septembre 1952, est ainsi composée :

Délégués : MM. **Ernest Esclangon, Gaston Fayet, Luc Picart, Jean Chazy, André Danjon, Alexandre Dauvillier, André Couder, Lucien d'Azambuja, Jules Baillaud, Daniel Chalonge, Pierre Tardi, Pierre Lacroute, Charles Fehrenbach, Jean Dufay, Jean Rösch, Pierre Sémirot, Émile Paloque, Georges Meyer, Henri Mineur, Fernand Baldet, Nicolas Stoyko, André Lallemand, Paul Couderc, Jacques Lévy, Évry Schatzman,**

Adjoints à la délégation : MM. **Daniel Barbier**, Mlle **Renée Canavaggia**, Mmes **Camille Flammarion, Lucien d'Azambuja**, MM. **Vladimir Kourganoff, Marius Laffineur, Jean-François Denisse, Charles Bertaud, Robert Jonckeere, Antoine Brun, Paul Muller, Louis Arbey**, Mme **Lewi Herman**, Mlle **Marie Bloch**, MM. **Bernard Decaux, Audouin Dollfus**, Mme **Honoré Laugier**, MM. **Henri Camichel, Junior Gauzit, Marcel Patry, Alfred Schmitt, Jean Delhaye, André Gougenheim, Claude Pecker, François Lenouvel, Raymond Michard, Roger Bouigue, Joseph Bigay, Pierre Bacchus.**

La séance est levée à 16 h 5 m. R. C.

---

(4) *Bull. Soc. Path. Exot.*, 27, 1934, p. 415.
(5) *C. R. Soc. Biol.*, 120, 1935, p. 533.